وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القاسم الخضراء
كلية الزراعة

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعـــــة الانبـــار
كلية الزراعة

الاسس العلمية لادارة وانتاج وتحسين المحاصيل الحقلية

الأستاذ الدكتور
أياد حسين علي المعيني
جامعة القاسم الخضراء
كلية الزراعة / قسم المحاصيل الحقلية

الأستاذ الدكتور
محمد عويد غدير العبيدي
جامعة الانبار
كلية الزراعة / قسم المحاصيل الحقلية

2018 – 2017


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
وَأَنْزَلْنَا مِنَ الْمُعْصِرَاتِ مَاءً ثَجَّاجًا (14) لِنُخْرِجَ بِهِ حَبًّا وَنَبَاتًا (15)
وَجَنَّاتٍ أَلْفَافًا (16) إِنَّ يَوْمَ الْفَصْلِ كَانَ مِيقَاتًا (17)
يَوْمَ يُنْفَخُ فِي الصُّورِ فَتَأْتُونَ أَفْوَاجًا (18)
سورة النبأ
(14 – 18)
3OLAT.COM

الإهداء

إلــى ....

اهل النيات الصادقة والقلوب العامرة بالحب والايمان

الذين يعملون بشرف رفيع وعزيمة صلبة

لبناء

الانسان و الوطن

المؤلفان

حمد الله وشكره

ربنا لك الحمد فانت احق ان تحمد حمدا كثيرا طيبا مباركا ملء السموات والارض ومابينهما على فضلك ومنك وتوفيقك والصلاة والسلام على اشرف خلقك سيدنا محمد (صلى الله عليه وسلم) النبي النور وال بيته مصابيح السرور وصحبه .

شكر وتقدير

شكر وتقدير الى الاستاذ الدكتور **مؤيد احمد يونس** والاستاذ الدكتور **سعد فليح العيساوي** على مراجعتهما للكتاب وابداء الملاحظات العلمية . شكر وتقدير للاستاذ الدكتور **عاصم عبد دواح** على مراجعته الكتاب لغويا .

شكر وتقدير للست **مها عادل خلف الدليمي** التي بذلت جهودا سخية جدا وعملت بتفاني واخلاص من اجل ان يظهر هذا الكتاب بافضل مايمكن من حيث الطباعة والترتيب والاخراج .

شكر وتقدير للشاب **عبد القادر عبد السلام المعيني** على جهوده التي بذلها في ترتيب الاشكال والصور التي جاءت في هذا الكتاب .

شكر وتقدير للسيد **رجاح عبد الحميد عيدان** الذي وضع تصميم الغلاف الخارجي لهذا الكتاب .

سائلين الله ان يوفق الجميع

المؤلفان

أ.د.أيـــاد حسين علي المعينــي & أ.د. محمد عويد غدير العبيدي

تقديـم

ان مهنة الزراعة تعد من اكثر المهن التي مارسها ويمارسها الانسان على وجه الارض لها علاقة متشعبة وباكبر عدد من العلوم المعرفية الاخرى اذ تستند على مخرجات تلك العلوم وبما لايمكن الاستغناء عنها ... وحيث ان الزراعة تتفرع الى فروع تخصصية كعلوم المحاصيل الحقلية والتربة والبستنة والغابات و وقاية المزروعات والانتاج الحيواني والاقتصاد الزراعي والارشاد والصناعات الغذائية والتقانات الحيوية الزراعية والمكننة ...... الخ الا ان ممارسة هذه التخصصات يحتاج الى الالمام بمعلومات لمخرجات علوم الفيزياء والكيمياء والاحياء والرياضيات وعلوم النبات والاحصاء والوراثة وعلم الارض وعلم المناخ والهندسة والبيئة وعلوم الحيوان والجغرافية .... لذا فان اي برنامج تعليمي وتدريبي زراعي يحتاج فيه المتعلمون ما يكفيهم من معلومات تلك العلوم لممارسة الزراعة وفق الاسلوب العلمي الصحيح وهكذا فان صقل المعارف وقدرات ومهارات المتخصص في مجال الزراعة وخاصة المحاصيل الحقلية تعد ضرورة ليكون قادرا على استثمار ماتعلمه في مجالات التطبيق الحقلي لتحقيق اعلى انتاج كما ونوعا وباقل التكاليف مع المحافظة على البيئة وصيانة وحفظ الموارد الطبيعية .

ومن هنا جاء مؤلفنا هذا (الاسس العلمية لادارة انتاج وتحسين المحاصيل الحقلية) وبتوفيق من الله سبحانه وتعالى ليتضمن معلومات قيمة فيها من التنوع والحداثة والترابط بما يلبي احتياجات مهمة موسعة لطلبة العلوم الزراعية على المستويين النظري والتطبيق العملي وخاصة في فروع الانتاج النباتي .

لقد حاولنا تقديم شرح وتفسير علمي لاسس وانتاج المحاصيل على مستوى القاعة الدراسية والمختبر والتطبيقات الحقلية لتلك الاسس وبصيغ متكاملة بعيدا عن الاساليب التقليدية المتبعة والتركيز على المفاهيم الحديثة في مجال الادارة والانتاج . اشتمل المؤلف على تقديم شامل لمتطلبات ادارة حقل المحاصيل الذي يعد الركيزة

الاساسية لانتاج الغذاء والامن الغذائي ونعتقد ان قراءة هذا المؤلف وبدقة سيعزز قدرات المتعلمين من طلبة الدراسات الاولية والعليا لكليات الزراعة في كيفية التعامل مع المتغيرات التي تحيط زراعة ونمو وانتاج المحاصيل فضلا عن معرفة كيفية استثمار المدخلات وخاصة الطبيعية باعلى كفاءة وتطبيق التقانات الحيوية المتيسرة على مستوى الحقل .

لقد اخذ مؤلفنا هذا من الجهد والوقت الكثيرين من اجل ان نضع فيه من المعلومات المتكاملة التي استقيناها من مراجع علمية كثيرة العدد ومتنوعة معززة بخبرتنا العلمية والعملية التي تراكمت لدينا عن سنوات طويلة في التعليم والبحث العملي والانتاج على مستوى الحقل .

وهكذا ستلمؤنا الغبطة والسرور اذا ما راينا اكبر عدد من زملائنا التدريسيين وطلبتنا الاعزاء فضلا عن الذين يعملون في مجال الاستثمار والانتاج الزراعي قد اطلعوا على هذا المؤلف وانتفعوا بما جاء فيه من معلومات .

ونستميحكم عذرا ان نكن قد اغفلنا او تجاوزنا معلومة معينة في مكان ما كانت مطلوبة في هذا المؤلف والتوفيق دائما من الله سبحانه وتعالى . اللهم اشهد اننا لانبغي سوى رضاك عنا وفائدة الجميع سائلين الله ان يوفق الجميع لما فيه خير البلاد والعباد .

المؤلفان

فهرس الكتاب

المحتويات

مقدمة INTRODUCTION

يعد الغذاء عنصرا اساسيا وضروريا لعيش الانسان وديمومه حياته ، اذ ترتبط حياة الانسان دائما بتوفر الغذاء والدواء والملبس والمسكن وان اكبر تهديد يواجهه الانسان على الاغلب هو ذلك التهديد الذي يتضمن قطع الغذاء والدواء .

يتعرض الانسان الى حصر الغذاء عنه كما يحصل في الحروب العسكرية والاقتصادية والسياسية بين الدول فغالبا ما تتعرض الدول المستوردة للغذاء الى ابتزاز الدول المنتجة والمصدرة ويجعلها تعيش تحت رحمه الدول المصدرة مما يصادر قرارها السياسي وبالتالي يكون استقلالها ناقصا او معدوما.

يمتاز غذاء الانسان بتنوعه وذلك وفق حاجة جسمه ولذا قسم الغذاء الى مجاميع وكما هو معروف كالنشويات والبروتينات والدهون والمعادن والفيتامينات وتشير المصادر العلمية الى ان الانسان السليم لكي يعيش حياة سليمة ويستطيع القيام بفعالياته على اتم وجه عليه الحصول على حاجته من تلك المجاميع بالكميات والنوعيات المناسبة وبما يتناسب مع عمره وطبيعة عمله وسلامة اعضاء جسمه .

فالإنسان الذي يعاني من نقص في كميه و نوعية الغذاء (وفق مجاميع الغذاء المختلفة) فانه يميل الى الضعف والهزال ويصبح عرضه للإصابة بالأمراض المختلفة، فالغذاء الجيد والمتوازن مدعاة للصحة وسلامة العقل والجسد .

من هنا حرص الانسان منذ ان خلقه الله على وجه الارض في السعي لتوفير غذائه اذا كان يعتمد على الصيد وعمليات الجمع المختلفة من البرية للحصول على متطلباته الغذائية التي تديم حياته الطبيعية وبذلك فان حاجته للغذاء هي التي دفعته الى ان يبدأ بتدجين واستئناس بعض الانواع النباتية والحيوانية التي وجد فيها من الاهمية في توفير الغذاء المناسب سواء من ناحية الطعم وسد جوعه وفق المواسم المختلفة او حتى استعمالها لعلاج الجروح والامراض وبذلك فان ذلك الاساس الذي بدأت منه مهنة

الزراعة بشقيها النباتي والحيواني بالتطور وايجاد وسائل وممارسات يمكن ان تساهم في زيادة كميات الغذاء المتاحة له وبطرائق اسهل من عمليات الصيد والجمع اللذان يمكن ان يعرضا حياته للخطر.

وبما ان النباتات البرية تنتشر على سطح الارض التي يعيش عليها ذلك الانسان ونباتاته في التربة فضلا عن الحيوانات التي يصطادها فان تلك الحقيقة حتمت عليه ان يتعامل مع الارض التي تنمو فيها تلك النباتات واذا ما حاول تدجينها واستئناسها فعليه ان يزرعها في الارض ومن هنا لابد ان يوفر لها الظروف المناسبة لكي تنمو بشكل مناسب .

لذلك بدا مفهوم الزراعة التي اخذت مصطلح (Agriculture) و الذي اشتق من الكلمتين اللاتينيتين (*Agri* او *Ager*) وتعني تربة Soil و (*Culture*) وتعني فلاحة او زراعة او حتى حراثة (Cultivation) ومن هنا فان مصطلح الزراعة (Agriculture) يعد مفهوم واسع جدا يتضمن كل المصطلحات والمفردات التي لها علاقه بإنتاج المحصول والمواشي والثروة السمكية والطيور والغابات ......الخ .

مصطلح Agronomy هو فرع من علوم الزراعة (Agricultural Sciences) الذي يتعامل مع العمليات والفعاليات التي تمارس على التربة والماء وعمليات ادارة المحصول ومصطلح Agronomy اشتق من الكلمة اليونانية agros وتعني حقل (Field) و nomos وتعني ادارة (To manage) وفي الوقت الحالي فان علم ادارة الحقل اخذ ابعاد جديدة ويمكن تعريفه على انه احد فروع علم الزراعة الذي يتعامل مع الطرائق والممارسات التي تعمل على تهيئة ظروف محيطة مناسبة لنباتات المحصول لكي تعطي انتاجية عالية والظروف المحيطة تعني الفعل الجمعي للظروف الخارجية والتأثيرات التي تؤثر في حياة وتطور الكائن الحي .

Norman (1980) عرف علم ادارة الحقل (Agronomy) على انه العلم الذي يتناول او يتعامل مع المحيط المعقد مع اهداف مزدوجة لتحسين الانتاج الزراعي والحصول على درجة من الفهم للعمليات التي يتضمنها .

ان محيط المحصول يتألف من الجزء الارضي (التربة) والجزء الهوائي (الغلاف الجوي) على اساس ان جزء من النبات يكون داخل التربة (المجموع الجذري) والجزء الاخر معرض لهواء الغلاف الجوي (المجموع الخضري) . المحيط يؤثر في نمو وتطور المحاصيل ومن هنا فان علم ادارة الحقل يمكن تعريفه على انه الفعاليات والممارسات كافة متضمنة الوسائل والعلوم المرتبطة بها لتهيئه ظروف محيطة مناسبة لنمو وانتاج المحصول لذا فان عوامل النمو الاساسية التي تستهدفها عمليات ادارة المحصول هي الماء والمغذيات والضوء فكل عمليات ادارة المحصول تتركز على ادارة هذه العناصر الثلاثة ادارة كفوءة تنعكس على اداء المحصول ونموه و اخيرا انتاجيته .

ان هدف زراعة اي محصول هو الحصول على جزء محدد من نبات ذلك المحصول بعد جنيه او حصاده وغالبا ما يسمى ذلك الجزء الذي نريد الحصول عليه من زراعة اي محصول هو الحاصل الاقتصادي (Economic Yield) ويعرف الحاصل الاقتصادي بانه ذلك الجزء من نباتات المحصول الذي يزرع المحصول لأجله فالحنطة تزرع لأجل الحصول على حبوبها التي تدخل في صناعه الخبز والمعجنات ومن هنا فان الحاصل الاقتصادي للحنطة هو الحبوب والقطن يزرع من اجل الحصول على اليافه (حاصل اقتصادي) وزهرة الشمس تزرع من اجل الحصول على زيت (حاصل اقتصادي) وهكذا لكل محصول حاصله الاقتصادي الذي يزرع من اجله و من هنا فان ليس كل النبات حاصل اقتصادي وانما الجزء المطلوب للانتفاع به بدرجة رئيسة وقد يكون جميع اجزاء النبات هي حاصل اقتصادي كما في محصول الجت والبرسيم والكثير من محاصيل العلف اذ يقطع النبات من مستوى سطح الارض وتقدم

كعلف اخضر او تجفف لعمل الدريس او تخمر لعمل السيلاج وبذلك تكون جميع اجزاء النبات هي حاصل اقتصادي .

ادارة الاجزاء المختلفة لأي نبات كالأوراق والسيقان والازهار والثمار فضلا عن البذور تسمى الكتلة الحيوية (Biomass) او الحاصل البايولوجي (Biological Yield) والحاصل البايولوجي هو نتاج لتراكم المادة الجافة الناتجة عن عمليات التركيب الضوئي (Photosynthesis) فالنبات ينمو ويتطور من بذرة صغيرة او جزء تكاثري كالبراعم او الدرنات او الكورمات ليصبح نبات كبير مورق ومزهر ويحوي على فروع او اغصان ويحمل ثمار لذا فان الحاصل الاقتصادي هو جزء من الحاصل البايولوجي والنسبة بينهما تسمى دليل الحصاد (Harvest Index)

عملية الزراعة تهدف الى الحصول على اعلى حاصل اقتصادي وباحسن نوعية ولذلك فان عملية التركيب الضوئي التي يتم من خلالها تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كيميائية مخزونة (مادة جافة) هي التي تعطي الحاصل البايولوجي الذي جزء منه الحاصل الاقتصادي ومن هنا فان ادارة حقل المحصول تعني ادارة عملية التركيب الضوئي للحصول على اعلى مادة جافة ومن ثم اعلى نسبة من تلك المادة الجافة يتحول الى حاصل اقتصادي .

ان عملية التركيب الضوئي هي عملية فسيولوجية تحصل داخل خلايا الاوراق وانسجة النبات الاخرى الحاملة للصبغات الخضراء وهي عملية في غاية التعقيد تتطلب فهما واسعا لاستثمار الطاقة الشمسية المجانية اكفأ استثمار ومن هنا فان الجزء الخضري هو الذي يقع عليه اعتراض الطاقة الشمسية وتحويلها بعملية التركيب الضوئي الى طاقة كيميائية (ماده جافة) او يسمى الحاصل البايولوجي ومن هنا فان ادارة الجزء الخضري لنباتات المحصول تستهدف تحقيق اعلى عملية اعتراض لضوء الشمس وتحويل طاقة ذلك الضوء الى طاقة كيميائية (كفاءة اعتراض وكفاءة تحويل) ومن ثم تحويل اكبر نسبة من تلك الطاقة الى حاصل اقتصادي (دليل حصاد) وذلك

من خلال تحسين عمليات توزيع المادة الجافة بين اجزاء النبات وعمليات النقل والتحويل ولتحقيق ذلك فان الممارسات الحقلية لإدارة المحصول التي يراد منها تحقيق اعلى مساحة لاعتراض الضوء مثل زيادة المساحة الورقية ودليل المساحة الورقية ودليل الخيمة الخضراء وارتفاع النبات وزيادة عدد الفروع فضلا عن زيادة كفاءة التحويل للأشعة المعترضة الى طاقة كيميائية ومن هنا فان اختيار الاصناف المتكيفة ومواعيد الزراعة والكثافة النباتية والتغذية الورقية ومكافحة الادغال والآفات الزراعية والري المنتظم وتغيير الشكل الهندسي للنبات من خلال عمليات التربية والتحسين كل هذه الممارسات تهدف الى زيادة نمو الجزء الخضري وزيادة كفاءة اعتراض الضوء وكفاءة تحويل ذلك الضوء الذي هو احد عناصر النمو الطبيعية كما ذكرنا وهذا هو ادارة الجزء الهوائي لنباتات المحصول (Shoot System) .

ادارة الماء والمغذيات يتم من خلال ادارة التربة التي ينمو فيها النظام الجذري (Root system) فتشجيع نمو الجذور وزيادة فعالياتها وكفائتها في امتصاص الماء والمغذيات وتثبيت النبات في التربة سينعكس في زيادة نمو المجموع الخضري لان الماء والمغذيات اساسيان في الفعاليات الفسيولوجية لخلايا النبات التي تحصل فيها عمليه التركيب الضوئي التي ينتج عنها المادة الجافة (الحاصل البايولوجي ومنه الحاصل الاقتصادي) .

ادارة النظام الجذري يجب ان يتم من خلال ادارة اختيار التربة المناسبة التي سيزرع فيها المحصول وادارتها بطريقة علمية لتصبح مناسبة لنمو الجذور فالحراثة والتنعيم واضافة الاسمدة ومكافحة الادغال والمسببات المرضية في التربة وعمليات العزق والري بالوقت والكمية المناسبين ممارسات مهمة لتوفير بيئة مناسبة لنمو نظام جذري جيد لاجل امتصاص كفوء للماء والمغذيات (ادارة هذين العاملين من عوامل النمو الثلاثة) ومن هنا فان علوم التربة ودراستها في الزراعة هو لتحديد الخصائص

الفيزيائية والكيميائية والاحيائية وتهيئة محيط مناسب لنمو النظام الجذري (ادارة الماء والمغذيات) .

لذا فان ادارة الحقل تعني الادارة الكفؤة لعوامل النمو الثلاثة (الضوء و الماء والمغذيات) او ان ادارة الحقل تعني الحد من العوائق التي تحد من النمو الطبيعي للنبات ومن هنا توفير بيئة مناسبة لنمو النبات يتطلب معرفة للعوامل البيئية وتفرعاتها وتأثيراتها وتداخلاتها على النبات لان توفير البيئة المناسبة لنمو النبات يعني فعاليات فسيولوجية كفؤة واخيرا اعلى انتاج للمادة الجافة الناتجة عن عملية التركيب الضوئي. وهكذا فان ادارة الحقل تعني استثمار كفوء لعوامل النمو الطبيعية للوصول الى طاقة النبات الكامنة في انتاج المادة الجافة واعطاء الحاصل الاقتصادي .

ولذلك فان عناصر ادارة المحصول الحقلي التي تبدا من اختيار التربة المناسبة وعمليات خدمة التربة كالحراثة والتنعيم والتسوية ومواعيد الزراعة والكثافة النباتية ومكافحة الادغال والتسميد والعزق والري ....الخ فان كل عنصر يستهدف الاستثمار الكفوء لواحد او اثنين او ثلاثة من عوامل النمو الطبيعية فمثلا التربة المناسبة وعمليات خدمتها يستهدف ادارة الماء والمغذيات وموعد الزراعة يستهدف ادارة الضوء والكثافة النباتية تستهدف ادارة الضوء والمغذيات والماء ومكافحة الادغال كذلك تستهدف ادارة الضوء والماء والمغذيات وهكذا على الذي يدير حقل المحصول عليه ان يكون ملما بدرجة كبيرة بعلوم البيئة والفسلجة وتفرعاتهما لكي يستطيع ان يعرف متطلبات نباتات كل محصول والعوامل المناسبة لنموه ومن ثم العمل على توفيرها من خلال الممارسات الحقلية لإدارة ذلك المحصول.

ان الزيادة السكانية الهائلة وتزايد احتياجات الانسان الغذائية كما نوعا فضلا عن حاجته لإنتاج الدواء والملبس واشياء اخرى توفرها له زراعة المحاصيل تتطلب منه معرفة علمية دقيقة لتوفير تلك الاحتياجات وعدم الوقوع في شرك الدول المنتجة التي ربما تهدد وطنيته وتصادر استقلاله وهكذا فان السياسات الحكومية والبرامج

العلمية والخطط يجب ان توضع بدقه لتكون متكاملة الجوانب وعلى المتخصصين في مجال العلوم الزراعية وعلوم المحاصيل الحقلية مسؤولية كبيرة جدا في تحقيق الامن الغذائي للمجتمع وهذا لا يتحقق الا من خلال الادارة العلمية الكفوءة التي تمارس في زراعة و انتاج المحاصيل وفق المعايير الدقيقة والاولويات الموضوعة وتسخير كل العلوم التي تدخل في تشكيلات العلوم الزراعية .

ادارة المحاصيل تحتاج الى صقل المعارف والتدريب في مجال علوم التربة والكيمياء الزراعية وفسلجة المحاصيل وبيئة المحاصيل والامراض والحشرات والاحصاء والجغرافية .... الخ . لذا فان ادارة المحاصيل تتطلب معرفة وتدريب وبحالة ديناميكية لان المعرفة والتقانات في حالة تطور مستمر كما يتطلب الامر فهما دقيقا للمحيط البيئي للنباتات فاستعمال الكيميائيات الزراعية اليوم يحتاج الى مزيدا من الخبرة والدراية لتحقيق انتاج وفير والمحافظة على البيئة واستدامة الموارد الطبيعية والمحافظة على صحة الانسان كل ذلك يعد من الامور المهمة جدا لذا فان المسؤولية كبيرة على عاتق المتخصصين في مجال المحاصيل الحقلية ليتركز علمهم للحصول على اعلى انتاج وباقل التكاليف وذلك باستثمار معلوماتهم ومهاراتهم التي اكتسبوها من خلال التعليم وتعزيز ذلك بالبحث العلمي المستمر والتدريب ومن هنا فان استعمال وتطبيق النظريات العلمية لاستثمار عوامل النمو الطبيعية واستعمال التقانات الحديثة في مجال الانتاج الزراعي وخاصة الهندسة الوراثية والمكننة الزراعية والاتصالات ...... الخ كل ذلك يمكن ان يقود الى ادارة سليمة انتاج وفير وتوفير الامن الغذائي للمجتمعات ويبعدها عن شبح الجوع والهيمنة .

الفصل الاول

إنتاج المحاصيل والمجتمع

CROP PRODUCTION AND SOCIETY

قبل عصر الزراعة . بقاء الناس على قيد الحياة بواسطة الصيد وجمع الغذاء

Before Agriculture , People Survived by Hunting and Gathering Food

ماهي الزراعة ؟ عصر ما قبل الزراعة – كانت الممارسات العملية الزراعية البدائية للإنسان هي جمع النباتات وتدجين الحيوانات . في تلك الفترة بقاء البشرية على قيد الحياة كان مرتبطا بوساطة صيد الحيوانات والاسماك وجمع النباتات كغذاء.

الانسان في الوقت الحاضر استعرض طريقة الحياة في تلك الحقبة لكشف نمط الحياة الذي كان يعيش به سلفه آنذاك . وقد تمت هذه الدراسة من قبل الانثروبولوجيين (علماء الاجتماع anthropolgists) اذ تطور الانسان من الصياد – الجامع – التدجين ثم الاستيطان.

توصل الباحثون الى ان اسلوب الحياة للصيادين والجامعين يشير الى انهم يملكون خبرة واسعة تمكنهم من اجل البقاء على قيد الحياة ، وهم بذلك وحسب معتقدهم على الاقل يعيشون في عصر ذهبي (golden age) .

تم التوصل الى ان ما مجموع (60 – 80 %) من غذاء الصياد – الجامع يتألف من نباتات ومنتجات النباتات . ان المصادر البرية للنباتات لهؤلاء الناس تتألف من بذور الحشائش ، مثل الرز البري *Zizania aquatic* والرز البري الاسيوي الشائع *Oryza sativa* على سبيل المثال *O. barthis* و *O. sublata* و *O. longistaminats* و انواع الحشائش الاخرى التي استخدمت بضمنها الدخن *Panicum spp.* مثلا *P. capillare , P. obstusum , P. miliaceum , P.*

laetum وحشيشة المانا (manna grass) واسمها العلمي *Glyceria fluitaus* والشوفان البري *Avena barbata* , *Avena fatua* .

البقوليات ، الدرنيات وغير الدرنيات كذلك كانت مصادر لغذاء الانسان القديم . كما استعمل البذور والقرنات والاوراق من هذه النباتات لغذائه . ومن امثلة البقوليات البرية هي (*Acacia* , *Vigna* , *Dolichos* , *Canavalia*) . ان هذه المواد البقولية عرفت باحتواء بعضها على مواد ذات سمية عالية ، فاصبح لابد من اكتشاف طرق لإزالة تلك السموم بتطبيق اجراءات على هذه النباتات ومنتجاتها لجعلها امنه للمستهلك . الانسان القديم كان بارعا في اختيارها بالاعتماد على مبدأ (التجربة والخطأ) وان السموم المستخلصة منها استعملت كمواد قاتلة في رأس السهم والرمح التي يستعملها كأدوات للصيد .

جذور و درنات النباتات ، خصوصا نوع من البطاطا جنس(yam) *Dioscorea* استعملت بصورة واسعة كغذاء في المناطق الاستوائية . والابصال المنتمية لعائلة Liliaceae ، البصل البري *Allium* والبطاطا من جنس *Ipomea* كانت مهمة كمصدر غذائي .

حصل (الصيادون – الجامعون) على الزيوت من المصادر الحيوانية والنباتية التي كانوا يحصلون عليها من انواع عدة منها شجرة جوز الهند *Coco nucifera* ونخلة الزيت *Elaeis guineensis* والزيتون *Olea* . والثمار البرية والفستقيات كانت اغذية جاهزة ومصادر جذابة للغذاء تحت ظروف مختلفة من الحياة، مثل ثمار العليق *Rubus* والعنب *Vitis* والكستناء *Castanea* .

الخضروات وانواع من العائلتين الباذنجانية والصليبية مهمة لاسيما للصياد – الجامع ، فالأنواع من جنس الباذنجان *Solanum* والفلفل الاخضر *Capsicum* و الطماطة *Lycopericon* كانت منتشرة بصورة واسعة ، فضلا عن الحنظل *Colocynthus citrulus* .

الصيادون – الجامعون متعلمون جدا وناجحين في البقاء على قيد الحياة اذ كان عليهم ان يفهموا بيئتهم جيدا ويكونون مرتحلين (رحالين) . يجب ان يعرفوا متى ما واين يهاجروا . اضافة الى براعتهم في استعمال السموم النباتية بعد ازالة المواد الغذائية منها وذلك باستعمال الحرارة والترشيح كما تعلموا استعمال النباتات لأغراض طبية واستعمالات غير زراعية مثل توليد الحرارة (الحرق) .

الزراعة كاختراع Agriculture is an Invention

لا يمكن التحديد على وجه الدقة كيف ومتى بدأت الزراعة ؟ اذ ان ظهور الزراعة مختلف عليه ما بين الذين يعتمدون على الاسطورة (mythological) والبيئة (ecological) . لقد بدأ الانسان بجمع النباتات المفيدة ليعيد زراعتها ثم نقلها من مكان لأخر وتدجينها كأصناف منزرعة . كما ان اساطيرا مختلفة وضعت لذلك بان الزراعة هي هدية الهية للبشر .

ان تدجين النباتات والحيوانات من قبل الانسان كانت لضرورات وطقوس (شعائر) تؤدى كقرابين للرب على اساس فريضة التدين .

نظرية التشابه Propinquity Theory للعالم (Gordon Childe) التي اقترحت ان الحيوانات البرية والنباتات قد ادخلت بالقوة في مساكن مغلقة (closer cohabitation) وعند التعرض للطقس الجاف ذلك يدفع كل من الانسان والحيوان للجوء الى اماكن صالحة للسكن تكون قريبة من الماء ، وحدث ما يسمى بالتجمهر (التجمع) عند ضفاف الانهر الدائمة ، وهذه ترجع الى نظرية التمدن عن طريق التجمهر والتزاحم . ان من ملاحظة نشاط الزراعة الاصلية كاختراع واكتشاف يظهر بان هناك مشاهد مختلفة لهذا الاكتشاف .

اقترح Charles Darwin ان الانسان الاول بدأ بعدم الترحال عندما اكتشف الزراعة ، اذ ان النتائج العرضية لأسلوبه ، في الحياة خصوصا تراكم الفضلات

والبذور قرب مسكنه (لغرض الغذاء او الدواء) ، فان هذه البذور تنبت وتنمو في الترب الخصبة عند توافر الرطوبة اللازمة . بعض الاشخاص البارعين قاموا بجمع ملاحظات على هذه النباتات والعمل على الربط بين البذور البازغة والنباتات المطلوب انتاجها في مواقع محددة بالقرب من مسكنه هذا هو ما يسمى بتدجين النباتات بوساطة انموذج الصدفة المفرح Plant Domestication by Happy Accident Model

طور Carl Sauer هذه النظرية اذ لم يقتصر عمل المخترعين في الزراعة فحسب الذي قاد الى الاستقرار . الزراعيون البدائيون كانوا اكثر ولعا بها من مجتمعات صيد الاسماك ومثل هكذا مجتمعات تكونت لتستقر في الاراضي المشجرة والتي تكون نسبيا سهلة الحراثة اذ ان تربها تحتوي على نسبة عالية من المادة العضوية على عكس تربة الحشائش التي تكون صعبة الحراثة لان جذور الاعشاب تعمل على تماسك التربة فضلا عن ذلك فان تلك الاكتشافات التي ساهمت في اكتساب الخبرات والمهارات في جوانب اخرى للعيش في الحياة البرية هي التي ساهمت في زيادة تجربة الانسان الزراعية .

نماذج – امثلة على الزراعة Models of Agriculture

ان الهدف الرئيس من الزراعة هو ادارة التركيب الضوئي لإنتاج الغذاء والالياف للإنسان . التحكم وبمهارة بالتركيب الضوئي يعمل اعتمادا لاحد الانموذجين بشكل عام صناعي (industrial) ومستدام (sustainable) .

أ- **النموذج الصناعي Industrial Model :-** النموذج الصناعي للزراعة يطلق عليه كذلك النموذج التقليدي يعد هذا النموذج كمشروع صناعي ، أي ان الحقول او المزارع هي عبارة عن مصانع للإنتاج النباتي وان المنتج (product) ربما يكون حيواني او حبوب . المنتج (producer) يكتسب ويستعمل مدخلات الانتاج لتصنيع منتجا معين . المدخلات الجديدة (غير

المستعملة سابقا) يتم الحصول عليها ليتم استعمالها مع كل دورة انتاج . المعلومات والمعرفة السائدة هي احدى المكونات التي تساهم في انتاج المحصول و وفقا لذلك فان المنتج يركز او يهتم بالممارسات الحقلية كلا على انفراد فضلا عن الطرائق ان أي معمل صناعي يصمم ليقوم بتصنيع انتاج معين اذ تجمع او تركب المكونات الاولية لتصنيع المنتج . اما في النموذج الصناعي لإنتاج المحاصيل فان معيقات الانتاج يجب ازالتها من خلال استعمال التقانات المخترعة. المحيط الطبيعي يتم تحويره او التحكم به او السيطرة عليه مثل السيطرة على المحيط كما في البيوت البلاستيكية والزجاجية السيطرة او التحكم كذلك تعطي اقصى جهد ممكن لحدوث تقدم ثابت او مستقر .

ب- النموذج المستدام Sustainable Model :-ان فلسفة النموذج المستدام في الزراعة هي ان الانتاج الزراعي يتم من خلال مراجعة جميع الانظمة الكلية المتطورة ذات العلاقة ، فهي تؤكد حاجة المنتج (producer) لتطبيق نشاطاته الزراعية بانسجام مع المحيط الحيوي (biosphere) .

ان نموذج النظام هذا يعزز العمل من خلال الاخذ بنظر الاعتبار موضوع السيطرة وتعرض الطبيعة ، فالموارد الطبيعية الاساسية للإنتاج الزراعي يجب المحافظة عليها وصيانتها وحمايتها فضلا عن ان البيئة هي الاخرى يجب ان يحافظ عليها وان دور المنتج في هذا الخصوص هو يجب عليه التركيز على عمليات الادارة للموارد الداخلية (الموارد الطبيعية) للحقل او (النظام البيئي الزراعي) بدلا من تركيزه على مدخلات الانتاج التي يشتريها والتي يدخلها لأغراض الانتاج .

ت- الزراعة التقليدية مقابل الزراعة المستدامة Conventional Versus Sustainable Agriculture :- الزراعة التقليدية مصطلح يستعمل للدلالة على الممارسات الحقلية والطرائق ونظم انتاج المحاصيل السائدة في الغالب التي يتم تبنيها من قبل المزارعين في مناطق الانتاج المختلفة في العالم . في المناطق

المتقدمة تقنيا فان نظم الانتاج يتم من خلالها استغلالا مكثفا يتم اتباعه بشكل عام للأرض والكيميائيات ومدخلات الانتاج الاخرى وفي هذه الحالة فأننا نحصل على زيادة في الانتاج الا انها تكلفنا سلامة المحيط وصحة الانسان ان الاعتماد على الكيميائيات وانتشارها في المحيط تؤدي الى تلوث التربة و المياه الجوفية والهواء. المتبقيات من تلك الكيميائيات التي تصل الى الطعام تشكل خطرا جسيما على صحة الانسان والحيوان .

الزراعة المستدامة تنشد زيادة انتاج المحصول دون تأثيرات عكسية على المحيط والمجتمع وهكذا فان هذا المفهوم هو الذي يشدد عليه هذا النظام الى حد ما بدلا من التركيز على مجموعة الممارسات والاساليب التي يتم تبنيها في مختلف النظم الحقلية التي تعتمد الاختراعات لإنجاز الهدف العام . ان مفهوم الابداع في الزراعة المستدامة يحصل لأنه لا توجد طريقة واحدة صحيحة محددة للوصول الى الهدف العام وهذا بسبب ان حالة كل حقل منتج تكون مختلفة اخذه بنظر الاعتبار التربة والمناخ والنظام الحقلي وطريقة الانتاج ومتطلبات السوق .

الزراعة المستدامة Sustainable Agriculture

يعد انتاج الغذاء والدواء والمنسوجات وصناعات اخرى للمجتمع هي الاهداف الرئيسة للزراعة وللوصول الى ذلك فان ادارة الحقل التقليدية تركز على ازالة المحددات الفيزيائية والاحيائية للإنتاج . المحيط الطبيعي يتم تحويره او السيطرة عليه لذلك ان انتاج المحصول يتم من خلال ممارسات و فعاليات انتاج ذلك المحصول طبقا لجدولة يتم فيها نظريا الحصول على احتمال انتاج عال غير محدد . الزراعة يتم انتاجها وتحويرها باتجاه يتم فيه الاخذ بنظر الاعتبار انتاج المحصول ضمن السياق البيئي السليم حال البدء بعمليات ذلك الانتاج . ان التوجه الذي يتم اعتماده هو ليس للسيطرة التامة ولكن لإحداث انسجام مع المحيط الحيوي وهنا يكون مسار مثالي في ان

انتـاج المحصـول يـتم تطبيقـه بطريقـة مسؤولة بمـا يتعلـق بـالمحيط البيئـي . ممارسـات الانتاج يتم اختيارها لتكون منسجمة ومكملة للعوامل في المحيط البيئي الذي يحصل فيـه الانتاج . مسار الانتاج هذا يسمى الزراعـة المستدامة (sustainable agriculture) وهذه افضـت الـى انـواع مختلفـة مـن المفـاهيم نفسـها وهـذه تتضـمن الزراعـة العضـوية (organic farming) والزراعــة المتبادلــة (alternative agriculture) والزراعــة الحيويــة (biological agriculture) والزراعــة بإعــادة التوالــد (regenerative agriculture) اختـزال المـدخلات الزراعيـة (reduced input agriculture) والزراعـة الحقليـة البيئيـة (ecological farming) او الزراعـة السليمة بيئيا (environmentally sound agriculture)

علـى الـرغم مـن التسـمية فـان المفهـوم يصـف اسـتراتيجيات تحقيـق الانتـاج مـن خـلال تكامـل ممارسـات عـدة وهـذه الممارسـات ليسـت جديـدة فحسـب وانمـا متكاملـة استراتيجيا وهكذا فان انتاج المحصول سوف يزداد قيمة وفي ذات الوقت يـتم المحافظـة على الموارد الطبيعية الاساسية للأجيال القادمة واستدامتها كهدف جوهري مـن اهـداف الزراعة واستغلال الموارد .

اهداف الزراعة المستدامة Goals of Sustainable Agriculture

1- زيادة عوائد انتاج المحصول .
2- حفظ الموارد الطبيعية التي تدخل في انتاج المحصـول .
3- استعمال النظام الحقلي بتعقل وحكمة في انتاج المحصول .

ان الزراعـة المسـتدامة هـي مفهـوم متحـرك يشـدد علـى هـدف بـدلا مـن مجموعـة ممارسـات الانتـاج . الزراعـة المتبادلـة (alternative agriculture) فـي الجانـب الاخـر فأنهـا تصـف عمليـة ابداعيـة حقليـة يـتم تبنيهـا مـن قبـل منتجـي المحاصـيل باتجـاه تحقيق هدف الزراعة المستدامة . الزراعـة المستدامة تسمى كذلك الزراعـة المستدامة محـددة المـدخلات (Limited Input Sustainable Agriculture (LISA وهذا

المصطلح يكون خاطئ بالنسبة للإنتاج الواطئ التقنية . بالمقابل فان الزراعة المستدامة تدعو لاستعمال احسن تقنيات الانتاج تتضمن الانتاج والتكاليف وخطة مسؤولة حول النظام البيئي . منتجوا المحاصيل يجمعون التكامل بين المعرفة العلمية والموارد الحقلية للوصول الى اعلى انتاج دون حدوث تأثيرات عكسية في المحيط البيئي او تدهور الموارد الطبيعية . ومن الاهداف المهمة للزراعة المستدامة هو تقليل استعمال الكيميائيات الزراعية وبدلا عن ذلك يتم تشجيع محيط الانتاج باستدامة نفسه وكما لو انه اي نظام بيئي .

في الانتاج التقليدي للمحاصيل هناك تكثيف في ادارة المحصول وتخصص وبالجانب الاخر فان الزراعة المستدامة تعتمد على التداخلات الحيوية والتنوع لتحقيق النجاح . وعلى مستوى الدورة الزراعية الحقلية فان الادارة في الزراعة المستدامة تتضمن الدورة الزراعية والتثبيت الحيوي للنيتروجين وقابلية المقاومة الوراثية وجوانب اخرى .

الزراعة تجهز الغذاء والعلف والالياف للمجتمع

Agriculture Provides Foods , Feed and Fiber for Society

هل تستطيع المجتمعات الحديثة ان تعيش بدون نباتات محاصيل ؟

ان نباتات المحاصيل بمجموعها يتم الاعتماد عليها كليا من قبل افراد البشرية للعيش في مجتمعات محددة ، فهي تجهز الغذاء والدواء والالياف للإنسان والعلف للثروة الحيوانية ومنتجات واشياء اخرى ضرورية .

القيمة الغذائية للمحاصيل Food Value of Crops

يحتاج الانسان والحيوانات الطاقة والاحماض الامينية والفيتامينات والمعادن لمتطلبات النمو والتطور المطلوب . الطاقة يتم الحصول عليها من الكربوهيدرات

والدهون والبروتينات . ان نوع الغذاء المستعمل كمصدر للطاقة يختلف من مكان لأخر من العالم . في العديد من البلدان المتطورة اكثر من 75% من الطاقة يتحصل عليها من كربوهيدرات الحبوب . اما في المناطق القطبية ، فانهم يعتمدون في الحصول على الطاقة من دهون الحيوانات والبروتين .

البروتينات تتألف من الاحماض الامينية ، اذ يوجد اكثر من 20 حامض اميني 9 منها اساسية لبقاء الانسان ويجب الحصول عليها من مصادر مختلفة وهي (Threonine , Lysine , Phenylalanine , Valine , Leucine , Tryptophan , Cysteine , Methionine , Isoluecine) والاخرى يتم تمثيلها من خلال الجسم . محاصيل الغذاء الرئيسة للعالم وقيمتها الغذائية (بشكل اساسي الاحماض الامينية) موضحة في جدول (1 - 1) .

جدول 1 . 1 . القيمة الغذائية لمحاصيل الغذاء العالمية الرئيسية

ت	المحصول	الاحماض الامينية الاساسية		صافي البروتين المستعمل %
		منخفض	مقبول	
1	الذرة الصفراء	Lysine ، Tryptophan	-	72
2	الحنطة (حبوب)	Lysine	-	63
3	الشوفان	Lysine ،Tryptophan	-	60
4	الرز (مصنع)	Threonine ، Lysine	Tryptophan	60
5	الدخن	Lysine	Tryptophan , Cystine , Methionine	58
6	فول الصويا	، Methionine Cysteine Valine	Lysine , Tryptophan	63
7	فاصوليا بيضاء	، Methionine Cysteine	، Lysine Tryptophan	50
8	فستق الحقل	, Methionine Lysine , Cysteine , Threonine	-	38
9	البطاطا	Methionine, Cysteine	Tryptophan	63

يظهر من الجدول ان بذور البقوليات منخفضة في حامضي Cystine و Methionine و حبوب الحبوبيات في الجانب الاخر منخفضة في حامضي Lysine و Threonine . وعندما يكون الطعام توليفة من الحبوب والبقوليات فان نوعية التغذية تكون محسنة وتحتوي على خليط من البروتين التكميلي . ومثل هذا الخليط يعتمد على ثقافة المجتمعات .

الانتفاع من نباتات المحاصيل يتأثر بعوامل اجتماعية عدة ففي الولايات المتحدة الامريكية يتم زراعة الذرة الصفراء والبيضاء لأغراض العلف والجانب الاخر فان هذين المحصولين هما محاصيل غذاء اساسية للسكان في بلدان اخرى ولاسيما البلدان النامية وبسبب محدودية القيمة الغذائية لهذين المحصولين فان نقص التغذية غالبا ما يظهر على افراد تلك الشعوب اذا ما لم يتم استعمال مكملات غذائية اساسية .

المحاصيل التي تغذي العالم The Crops that Feed the World

هل ان من المؤكد ان المحاصيل الحقلية يمكن ان توصف بانها (منقذة الحياة) في العالم اليوم ؟ ان 30 من اكثر محاصيل الغذاء المهمة شهرة في العالم تتضمنها الحبوبيات والجذريات والفاكهة والخضراوات والبقوليات وهي كما في الجدول (2 - 1)

جدول 1 . 2 . قائمة بأهم ثلاثين محصولا لتغذية العالم

1- الحنطة Wheat	11- الذرة البيضاء Sorghum	21- التفاح Apples
2- رز Rice	12- قصب السكر Sugarcane	22- اليام Yam
3- ذرة صفراء Corn	13- الدخن Millets	23- فستق الحقل Peanut
4- بطاطا Potato	14- الموز Banana	24- الرقي Water Melon
5- شعير Barley	15- الطماطة Tomato	25- اللهانة Cabbage
6- البطاطا الحلوة Sweet Potato	16- البنجر السكري Sugar Beets	26- البصل Onion
7- Cassava	17- الشليم Rye	27- الفاصوليا Beans
8- الاعناب Grapes	18- البرتقال Oranges	28- البزاليا Peas
9- فول الصويا Soybean	19- جوز الهند Coconut	29- زهرة الشمس Sunflower
10- الشوفان Oats	20- زيت بذور القطن Cotton Seed Oil	30- المانكو Mango (العنبة)

البعض من هذه المحاصيل كالحنطة و الذرة الصفراء منتشرة بشكل واسع جدا وتزرع في امريكا الشمالية والجنوبية و اوربا وافريقيا واسيا واستراليا . البعض الاخر منها البطاطا نوع Yam و الـ Cassava تزرع فقط في مناطق استوائية محددة . ومن القائمة اعلاه يظهر ان الحبوبيات والمحاصيل الجذرية تشكل اغلب المحاصيل المهمة في تغذية العالم . وكذلك تشير القائمة الى المحاصيل الحقلية ذات الاهمية البالغة في منطقتك الجغرافية والان ما هو المحصول الاكثر اهمية في منطقتك ولا تتضمنه تلك القائمة ؟ هل هناك سبب ؟ ولماذا محاصيل الحبوب والمحاصيل الجذرية تعد مهمة في تغذية العالم ؟

استعراض لمحاصيل الحبوب الرئيسية

Overview of Major Grain Crops

تعد المحاصيل الحبوبية الثلاثة الاكثر اهمية التي تتربع على قمة هرم الاهمية بالنسبة للمحاصيل الحبوبية هي الحنطة والرز و الذرة الصفراء اذ ان الطلب يكون عليها عاليا في العالم . ومحاصيل حبوبية اخرى مثل الذرة البيضاء والشعير والشوفان تعد محاصيل علفية مهمة .

تشكل المحاصيل الحبوبية ذات القيمة الغذائية العالية مصدرا مهما للطاقة فضلا عن الفيتامينات والمعادن وتكون رخيصة نسبيا وسهلة الانتاج ومناسبة لمكافحة الجوع والانفجار السكاني العالمي وتمتاز بسهولة نقلها وخزنها وتصنيعها وتعدد منتجات التصنيع وسهولة حفظها . الحبوبيات والبطاطا مجتمعة تجهز اكثر من 75% من السعرات الحرارية الغذائية العالمية . وفي اجزاء معينة من اسيا يصل الى 90% في بعض المناطق . الاعتماد الكبير على الحبوبيات في الغذاء يتطلب تدعيم منتجات الحبوب بالمعادن والفيتامينات (مثل الحديد والثايمين والرايبوفلافين واللايسين) لتلافي نقص التغذية .

يعمل مربو النبات عموما على تحسين محتوى اللايسين والتربتوفان للذرة الصفراء . حبوب النجيليات تحتوي على طاقة عالية تصل الى اكثر من 300 سعرة حرارية / 100 غم . ومعدل البروتين بين 7.5 – 14.2 % . بينما معدل محتوى الدهون بين 1.0 – 7.4% .

ذوات الفلقة الواحدة تخزن الغذاء في الاندوسبيرم (السويداء) في المقام الاول اذ يحوي هذا النسيج على النشأ وكميات قليلة من البروتين ومعادن ومغذيات اخرى . في الجانب الاخر، ذوات الفلقتين (البقوليات والبذور الزيتية) تخزن الغذاء في فلقتيها. الفلق يحتوي على النشأ وكميات كبيرة من البروتين والزيت وبعض الكربوهيدرات .

جدول 1 . 3 .النسبة المئوية للمحاصيل الحبوبية الثلاث الاكثر اهمية في العالم

ت	المحصول	البلد	النسبة المئوية لانتشار المحصول (%)
1	الحنطة	دول الاتحاد السوفيتي (السابق)	30
		الولايات المتحدة	12.7
		الصين	7.6
		الهند	6.7
		فرنسا	4.9
		كندا	4.5
		تركيا	2.2
		باكستان	2.1
2	الرز	الصين	33.1
		الهند	21.1
		اندنوسيا	7.3
		بنكلادش	5.9
		اليابان	4.9
		سيرلانكا	4.6
		تايلند	3.9
		ايطاليا	3.3
		البرازيل	2.0
		كوريا الشمالية	1.9
		الولايات المتحدة	1.3
3	الذرة الصفراء	الولايات المتحدة	46.0
		الصين	8.0
		البرازيل	4.8
		الاتحاد السوفيتي	4.2
		المكسيك	3.9
		فرنسا	3.5
		جنوب افريقيا	3.4
		الارجنتين	3.2
		يوغسلافيا	2.6
		رومانيا	2.2

المصدر :- وزارة الزراعة الامريكية (USDA)

استعراض الحبوب العلفية الرئيسة

Overview of Major Feed Grains

تستعمل حبوب بعض محاصيل الحبوب بشكل واسع في تغذية المجترات والدواجن كمصدر للطاقة . اغلب حبوب الحبوبيات عند الشعوب المتطورة تستعمل للعلف ، بينما في البلدان الاقل تطورا اغلبها تستعمل للغذاء . الذرة الصفراء والبيضاء والشعير والشوفان عادة ما تعطى كعلف للثروة الحيوانية كحبوب كاملة ، او بعد اجراء بعض العمليات عليها مثل الجرش او الطحن ، ولتحسين نوعية علف الحبوبيات هذه تخلط مع بروتين تكميلي من مصادر اخرى .

في بعض الاحيان يضاف اليها العلف الخشن مثل الدريس او السايلج (الغمير) وذلك لتخفيض المرور السريع لوجبة الحبوب خلال الجهاز الهضمي للحيوانات مما يزيد من كفاءة الامتصاص والاستفادة من العلف بكفاءة اكثر .

استعراض المحاصيل الزيتية الرئيسة

Overview of Major Oil Crops

المحاصيل الزيتية الرئيسة (بضمنها الزيتون) هي بذور الكتان والسمسم وزهرة الشمس وفول الصويا وجوز الهند ونخلة الزيت والذرة الصفراء وفستق الحقل والقطن والعصفر والسلجم . تستعمل الزيوت النباتية للغذاء وكذلك للأغراض الصناعية . الزيوت تجهز ثلاثة من الاحماض الدهنية الاساسية (Arachidonic , Linoleic , Linolenic) . والفيتامينات (A , D , E , K) . اغلب الزيوت النباتية المهمة مذكورة في الجدول (1 - 4) تعتمد نوعية الزيت على حدود (الرقم اليودي) ، والمذكورة في الجدول نفسه . الزيوت والدهون تصنع من وحدات تدعى (triglycerides) وهذه تتألف من كليسرين (glycerine) وثلاثة احماض دهنية .

الاحماض الدهنية تتألف كذلك من سلسلة طويلة من الكاربون والهيدروجين وذرات الاوكسجين . توصف الاحماض الدهنية بانها مشبعة (saturated) اذا كانت ذرات الكاربون ترتبط مع الهيدروجين او مع ذرات كاربون اخرى . في بعض الاحيان لا توجد ذرات هيدروجين كافية متحدة ، ينتج عنه اواصر مزدوجة ، وفي هذه الحالة توصف الاحماض الدهنية بغير المشبعة (unsaturated) . درجة التشبع تقاس بوساطة القيمة اليودية ، الزيوت والدهون غير المشبعة كذلك تدعى الزيوت الجافة (drying oils) ، بينما الزيوت الاخرى ذات الرقم اليودي المنخفض (زيوت مشبعة) تدعى الزيوت غير الجافة (nodrying oils) ، الدهون والزيوت المشبعة تعرف بانها تزيد كولسيترول الدم . الزيوت الجافة (مثل زيوت بذور الكتان) لها قيمة تصنيعية وتستعمل بشكل واسع في الاصباغ والوارنيش .

الزيوت المستخلصة من البذور بوساطة طرق الاستخلاص (عن طريق الضغط الميكانيكي لكبس الزيت) ، او الاستخلاص بالمذيبات ، فان المنتجات العرضية من هذه العمليات تدعى كسبة بذور الزيت (oil seed meal) وهي عالية البروتين عادة ما تستعمل بشكل واسع لإكمال البروتين في اعلاف الدواجن والمواشي .

جدول 1 . 4 . المحاصيل الزيتية الرئيسية وصفاتها

ت	نوع الزيت	المحصول	الاسم العلمي	محتوى الزيت %	الرقم اليودي
1	الزيت الجاف Drying oil	الكتان	*Linum usitatissimum L.*	45 – 35	195 – 170
		Tung	*Aleurites fordii L.*	58 – 40	170 – 160
		العصفر	*Carthamus tinctorius L.*	36 – 24	150 – 140
2	الزيت شبه الجاف Semidrying Oil	فول الصويا	*Glycine max L. Merr.*	18 – 17	140 – 115
		زهرة الشمس	*Helianthus annuus L.*	35 – 29	135 – 120
		الذرة الصفراء (الجنين)	*Zea mays L.*	57 – 50	130 – 115
		بذور القطن	*Gossypium hirsutum*	25 – 15	116 – 100
		السلجم	*Brassica napus L.*	45 – 33	106 – 96
3	الزيت غير الجاف Nondrying Oil	السمسم	*Sesamum indicum L.*	57 – 52	118 – 104
		فستق الحقل	*Arachis hypogeae L.*	50 – 47	100 – 92
		الخروع	*Ricinus communis L.*	55 – 35	90 – 82
		جوز الهند	*Cocos nucifera L.*	70 – 67	12 – 8
		الزيتون	*Olea europaea L.*	-	90 – 86
		نخلة الزيت	*Elaeis quineensis L.*	-	59 – 49
		نخلة الزيت (النواة)	*Elaeis quineensis L.*	-	207 – 204

المصدر :- Leonard W. H. , Martin J. H. (1976)

ملاحظة :- الرقم اليودي الاكبر يعني مزيدا من الاحماض الدهنية غير المشبعة

استعراض محاصيل الالياف الرئيسة

Overview of Major Fiber Crops

الاليـاف النباتيـة تسـتعمل للملابـس والنسـيج . خيـوط القطـن هـي اشـهر الاليـاف المهمة للملابس . هناك ثلاثة انواع من الالياف النباتية هي

أ-الياف القطن *Gossypium SPP.* :- يتم الحصول عليها من بذور النبات وهناك ثلاث انواع من الياف القطن هي :-

1- القطن الاسيوي Asian Cotton(*G. arboretumg* ، *G. Herbaceum*)
تنتج الياف قصيرة وهي اقل من انج واحد (25 ملم) طول . وهذه تستعمل بشكل رئيس في صناعة التجهيزات التحويلية التي تستعمل في العمليات الجراحية (القطن الطبي).

2- القطن المصري Egyptian Cotton :- (*G. barbadense*) الياف طويلة وناعمة وقوية وتستعمل لصناعة الانسجة والخيوط القطنية .

3- القطن الامريكي Upland Cotton :- (*G. hirsutum*) يستعمل لإنتاج الياف مختلفة في الطول والنعومة وهذا النوع من القطن يشكل 99% من القطن المنتج في الولايات المتحدة .

ب-الالياف اللحائية Bast Fibers :- الالياف الناعمة او اللحائية تستخرج من قلف ولحاء بعض النباتات العشبية المعروفة . المصادر الاربعة الشائعة للألياف اللحائية هي الكتان Flax(*Linum usitatissimum*) والقنب Hemp(*Cannabis sativa.L.*) والجوت Jute(*Corchorus spp.*)والكناف Kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) . النوعان الاوليان للألياف تستعملان للنسيج ، بينما الاثنان الاخران يستعملان بشكل رئيس لمواد التعبئة الصناعية (عمل الاكياس الجنفاص والتعبئة الصناعية).

ج - الياف الخضراوات Vegetable Fibers :- الياف الخضراوات التي تستخرج من الاوراق تدعى الالياف الصلبة (Hard Fibers) وكذلك تستخرج من نصل الورقة لذوات الفلقة الواحدة مثل القنب المانيلي Manile Hemp (*Musa textilis* Nee.) والسيسال Sisal (*Agave sisalina* Perr.) والهنكوين Henquen (*Agave fourcroydes* Lem.) . الاستخدام الرئيسي للألياف الصلبة هو في صناعة الحبال وحبال السفن .

استعراض محاصيل العلف الرئيسية

Overview of Forage Fiber Crops

تتضمن محاصيل العلف المهمة الجت Alfalfa والبرسيم Clover والنفل Thimothy وحشيشة السودان Sudan grass وحشيشة جونسون Johnson grass. المحاصيل الحبوبية يمكن ان تزرع وتستعمل في تغذية المواشي خلال مراحل نموها الخضري المبكرة . المحاصيل العلفية تزرع بشكل رئيس لأجزائها الخضرية التي تستعمل كعلف للمواشي .

نوعية العلف تحدده سهولة الهضم من قبل الحيوان ، فضلا عن القيمة الغذائية . الاعلاف عموما تصنف اعتمادا على محتواها من البروتين والالياف الخام . محاصيل العلف وبروتينها الخام واليافها الخام وطاقة الهضم والموضحة بالجدول (1 - 5)

جدول 1 . 5 . القيمة العلفية لبعض محاصيل العلف كنسبة مئوية

ت	المحصول	البروتين الخام	الالياف الخام	الطاقة القابلة الهضم
1	دريس الجت (خضري)	25	20	2.6
2	دريس الشعير	9	26	2.5
3	دريس حشيشة برمودا	9	30	2.2
4	دريس البرسيم الاحمر	15	30	2.6
5	الاجزاء الخضرية للذرة الصفراء	9	26	2.8
6	دريس (الفسك) Fescue	10	31	2.5
7	دريس الشوفان	9	31	2.4
8	دريس النفل	12	33	2.6

تعد محاصيل العلف مصدرا لفيتامين A , E ومغذيات اساسية عدة تتضمن معادن كالصوديوم والبوتاسيوم والفسفور والمغنسيوم والكبريت والنحاس والزنك والحديد . تعد الاعلاف مصدر مهم جدا في تغذية المجترات اذ تشكل ما مقداره 75% من مقدار الطاقة القابلة للهضم واخيرا فان انتاج المجترات يعتمد على ما تحصل عليه من طاقة من الاعلاف التي تتناولها .

انتاج المحاصيل كفن وعلم وتجارة

Crop Production : An Art , A Science , and a Business

انتاج المحاصيل عملية معقدة ، تعتمد على كلا المحصول وعوامل البيئة بالارتباط مع اقتصاد المجتمع والعوامل السياسية . ما هو نوع الشخص (في مجالات التدريب والخبرة والمعلومات والمعارف وغيرها) الذي تعتقده بانه يكون ناجح جدا كمنتج للمحاصيل في الوقت الحالي ؟

فن انتاج المحصول The Art of Crop Production

هل ان متطلبات التعليم ذات الطابع الرسمي كافية لنجاح المزارع ؟

انتاج المحاصيل بالطرق التقليدية البدائية يتم باختيار من محاصيل خاصة (اصناف محاصيل معينة خاصة) ويقوم بتهيئة الارض لغرض الزراعة . ويقوم بالزراعة في الموعد الملائم ويحمي المحصول من الآفات (الحشرات والامراض والادغال) . وتطويع التقانات المتاحة لزيادة الانتاجية ، هذه القيم الغنية ادخلت في الزراعة الحديثة ويتم تحسين مستوياتها باستمرار . كما يتبادل المزارعون الافكار والخبرات فيما بينهم وفي الوقت الحالي يتم التبادل من خلال المجلات العلمية والنشرات الريفية وشبكات الاتصال . كذلك قاموا بتحسين الاصناف والتطبيقات الحقلية مثل (استعمال مخلفات الحيوانات كسماد عضوي) والاسمدة الكيميائية

والسيطرة على الآفات) ، مع توفير افضل متطلبات الحصاد والخزن . وفي الزراعة الحديثة تم ادخال الدورات الزراعية واستخدام الزراعة الحافظة لحماية التربة .

هناك فروق كبيرة بين الفن البدائي والفن الحديث في انتاج المحاصيل ذلك باستعمال التقانات والاساليب الحديثة التي اصبحت مفيدة ومؤثرة بشكل كبير في الانتاج في الوقت الحاضر .

استعمال التقانات الحديثة في الحقل اصبحت متداولة ومتطورة . البلدان والافراد ذو المصادر الاقتصادية الجيدة طوعوا تقانات متقدمة . بينما اولئك اصحاب المصادر الاقتصادية المحدودة يستعملون تقانات اقل تطورا . في الزراعة البدائية كان المزارعون يستعملون وسائل بدائية تتطلب قوة بشرية كبيرة لإنجازها ، مما جعل الانتاج محدود وبمساحات صغيرة . وبعد التقدم التقني تم تخفيض الحاجة الى الايدي العاملة وتم تجاوز كثير من العمليات الحقلية التي كانت تعتبر مملة جدا ومتعبة . بعض الافراد يستعملون انواع من المكائن والآلات والمعدات التي يمكن ان تدار يدويا التي ساعدت في اجراء العمليات الحقلية لحقول ذات مساحات واسعة . ليست فقط التقانات التي تستعمل حديثا في مجال الابتداع الفكري في الزراعة ، بل ايضا التقدم الكيميائي (الكيميائيات الزراعية) ، والتقدم الاحيائي (مثل الاصناف المحسنة) والممارسات المتطورة والمعارف العامة والخبرات لإدارة الحقول .

استنادا الى المفهوم التقني العام ، صنفت الزراعة الحديثة في الولايات المتحدة الامريكية الى ثلاث حقب زمنية هي :-

1- العصر الميكانيكي (1930 – 1950) .
2- العصر الكيميائي (1950 – 1970) .
3- عصر التقانات الحيوية وتقانات المعلومات (1970 – لحد الان) .

ان ادخال المكائن في انتاج المحاصيل اعطى قدرة انتاج عالية . وقد استبدلت القوة البشرية واستعمال الطاقة الحيوانية بالقوة المسحوبة ميكانيكيا ، مما اتاح للمنتج استغلال مساحة اكبر من السابق . كما ان العمل انجز بسرعة اكبر وفي الوقت المطلوب . ان تطبيق العمليات الحقلية في الوقت المحدد باستعمال المكننة ادى الى تجنب الشدود البيئية ، مما قلل الفقد الحقلي الناتج عن تأخير الحصاد . وكذلك استعمال المكننة ادى الى زيادة انتاج المحصول في وحدة المساحة بأضعاف عدة وذلك بتسهيل عمليات خدمة التربة والارض من حراثة وتنعيم وتسوية وتقسيم وقلة الحاجة الى الايدي العاملة . التشغيل الذاتي زاد من كفاءة استعمال منظومات الري وقلل من استعمال الجهد البشري . ان محاصيل معينة رئيسة مثل الحنطة والرز والذرة الصفراء والذرة البيضاء وفول الصويا والقطن تم مكننة انتاجها من الزراعة الى الحصاد ومن الجدير بالذكر ان المكننة الزراعية قطعت اشواطا بعيدة في التطبيقات الحقلية بحيث ان اغلب المحاصيل ان لم تكن جميعها قد تم ميكنة انتاجها من الزراعة الى الحصاد .

في عام 1986 توصل مكتب تقييم التقانات التابع للكونغرس الامريكي الى دراسة التقانات والسياسات المتبعة وتغيير بنية الزراعة الامريكية من خلال نشر قائمة لتبين مساحات استعمال التقانات للإنتاج الزراعي اذ اعتبرت تلك الدراسة التطور والتبني التجاري وتأثير 28 تقانة من التقانات التي يمكن التحرك ضمنها لحد عام 2000 . ادناه المساحات التخصصية المحددة لتقانات الانتاج الزراعي

التقانات الحيوانية Animal Technologies

الهندسة الوراثية الحيوانية Animal Genetic Engineering

اكثار الحيوانات Animal Reproduction

تنظيم النمو والتكشف Regulation of Growth and Development

تغذية الحيوان Animal Nutrition

السيطرة على الامراض Diseases Control

السيطرة على الآفات Pest Control

بيئة سلوك الحيوان Environment of Animal Behavior

استعمال متبقيات المحاصيل ونفايات الحيوانات Crop Residues and Animal Wastes Use

المراقبة والسيطرة في الحيوانات Monitoring and Control in Animals

التقانات النباتية Plant Technologies

الهندسة الوراثية النباتية Plant Genetic Engineering

زيادة كفاءة التركيب الضوئي Enhancement of Photosynthetic Efficiency

منظمات النمو النباتية Plant Growth Regulators

السيطرة على الامراض والنيماتودا Plant Diseases and Nematode Control

ادارة الحشرات والحلم Management of Insects and Mites

السيطرة على الادغال Weed Control

التثبيت الحيوي للنيتروجين Biological Nitrogen Fixation

الاسمدة الكيميائية Chemical Fertilizers

الماء وعلاقات تربة – ماء – نبات Water and Soil – Water – Plant Relations

تعرية التربة ، الانتاجية والحراثة Soil Erosion , Productivity and Tillage

الزراعة المتعددة (التحميلية) Multiple Cropping

الزراعة العضوية Organic Farming

المراقبة والسيطرة على النباتات Monitoring and Control of Plants

الماكنة والوقود Engine and Fuels

ادارة الارض Land Management

فصل المحصول(الدراس) ، التنظيف والمعالجة Crop Separation , Cleaning Processing

التقانات الشائعة Common Technologies

ادارة المعلومات والاتصالات Communication and Information Management

الاتصالات الهاتفية Telecommunication

حفظ الطاقة Labor Saving

اصبح استعمال التقانات الحيوية في زراعة النباتات اكثر تأثيرا بعد عام 2000 . الكيميائيات الزراعية جهزت المغذيات (عن طريق الاسمدة الكيميائية) لرفع و زيادة انتاجية المحصول مع حماية النباتات من الامراض والآفات مما قلل من فواقد الحصاد والخزن ، فضلا عن تحسين الاصناف ذات الحاصل العالي والصفات والنوعية والحقلية المرغوبة .

تقانـة المعلومـات التـي توافقت مـع تقانـة الحاسـوب كـان لهـا دور كبيـر فـي تحسـين عمليات الانتاج التي يتم التحكم بها وادارتها اوتوماتيكيا بوساطة الحاسوب اذ اصبحت ادارة قيادة هذه المكائن من قبل الروبوت (الانسان الالي Robots) وقد تم تطويرها للقيام بمختلف العمليات الحقلية (خصوصا المحاصيل البستنية) مثل حصاد الثمار .

سـاعدت الحاسـبات الالكترونيـة منتجـي المحاصـيل لعمـل قاعـدة معلومـات خاصـة بإنتـاج المحصـول . ومـع ادخـال الانترنيـت قـام المنتجـون بالحصـول علـى معلومـات الطقس والتشـريعات الحكوميـة والبـرامج الحكوميـة والاسـواق وكثيـر مـن المعلومـات الاخرى الاضافية .

كمـا استعمل منتجو المحاصيل الحاسـوب فـي تثبيت العمليـات الزراعيـة المطلـوب اجرائها وحسب التوقيتات المطلوبـة وحاجـة المحصـول (مثـل اضـافة السـماد الكيميـائي ومبيدات الآفات والري) . واستعمال الحاسوب ايضا ساعد في السيطرة علـى المخـازن مـن حيث درجـات الحـرارة والرطوبـة والتهويـة المطلوبـة لتجنـب الفقد بـالخزن وتلـف الخزين .

انتاج المحاصيل كعلم Crop Production as a Science

مـاهي تـأثيرات المعلومـات التدريبيـة فـي علـوم الزراعـة علـى انتـاج المحاصـيل المتقـدم كعلـم ؟ انتــاج المحاصـيل يشـمل النظريـات التطبيقيـة مـن العلـوم المختلفـة ، خصوصا ما يطبق علـى المحاصيل الحقليـة من ادارة حقليـة . هذا الفرع من الزراعـة يعتمد على العلوم الاساسية الاخرى مثل علم النبات والكيمياء والفيزياء . ان قمة الهدف فـي انتـاج المحاصيل هـو الحاصـل النهـائي للنـاتج الاقتصـادي من النبـات . وهذا يعتمـد علـى قابلية المنتج علـى المطاولـة عند ادارة شكل النبـات الخـارجي والفسيولوجي الـذي يمكن ان يستجيب لظروف الانتاج المتوفرة . مربوا النبات يستخدمون المبـادئ الوراثيـة لتطوير اصـناف جديـدة ومحسـنة والتـي لهـا حاصـل عـالي مـع استجابة عاليـة للظـروف

البيئية ومقاومة الامراض وملائمة لظروف الشد . من هنا تبين ان الحاصل الاقتصادي هو الهدف النهائي (كما ونوعا) .

قام العلماء بتطوير المنتجات الكيميائية مثل هرمونات النمو ومبيدات الاعشاب والحشرات والامراض والاسمدة الكيميائية والمغذيات الورقية التي يؤدي استعمالها الى تحسين انتاجية المحصول. وكذلك طوروا الانظمة المحصولية واساليب تعبئة المنتجات. طور المهندسون الزراعيون المكائن والآلات اللازمة لمتطلبات العمليات الانتاجية ، وهذه تشمل ادامة الارض والزراعة والتسميد والري والات الرش لمكافحة الآفات والحصاد وغيرها .

انتاج المحاصيل كتجارة (عمل) Crop Production as a Business

باي اتجاه يكون منتج المحاصيل مدير اداري ؟

انتاج المحاصيل والانتاجية (القابلية الانتاجية) للمحصول تحتاج الى مدخلات مهمة وهذه تتطلب ادارة جيدة لكي تكون المخرجات مقبولة (مربحة) . من هنا يكون منتج المحاصيل هو صانع القرارات الادارية في العمليات الزراعية كافة حتى الوصول الى الانتاج .

منتج المحاصيل كصانع قرار

The Crop Producer as a Decision Maker

عملية انتاج المحاصيل تحتاج الى تخطيط جيد ، فلا بد من ان يكون المنتج جاهز لوضع الاختيارات الصحيحة والادارة الجيدة لمدخلات الانتاج . كما هو معروف ان الهدف من انتاج المحاصيل هو الانتاجية العالية لغرض تحقيق الفائدة الاقتصادية .

هناك ثلاثة تصنيفات للعوامل التي يجب ان يهتم بها المنتج خلال عمليات التخطيط لإنتاج المحصول . بعض العوامل تكون ضمن المجموعة التي تحت سيطرة

المنتج ، والاخرى تخص الصنف والمحصول (التركيب الوراثي للمحصول) واخرى تكون خارج سيطرة المنتج كما في (شكل 1 - 1) .



شكل 1.1.العوامل المؤثرة في الانتاج الحديث للمحاصيل فهناك عوامل تحت السيطرة واخرى خارج السيطرة كما ان هناك عوامل يمكن تحويرها من خلال استعمال التقانات والمواد الحديثة الاخرى فمثلا يمكن زراعة المحاصيل في المناطق الجافة من خلال استعمال الري

أ- العوامل ضمن السيطرة الكلية Factors Within Total Control

ماهي اوجه عمليات انتاج المحصول التي تقع ضمن سيطرة القائم بالعمليات تلك ؟

منتج المحصول يكون مسؤولا عن اختيار الموقع الذي سيقام عليه مشروع جديد وهذه تتطلب معارف لمتطلبات نباتات المحصول قيد الاهتمام مثل التكيف و نوع التربة المناسبة ومتطلبات النمو. فالتربة المطلوبة للمحاصيل الدرنية والجذرية تختلف عن الترب المطلوبة للمحاصيل الحبوبية . المنتج يجب ان يختار افضل المحاصيل ملائمة في نموها لنوع التربة الموجودة مع اختيار افضل الاصناف التي تلائم الظروف البيئية للمنطقة من هذا المحصول وذو انتاجية عالية ، المنتج هو الذي يختار التطبيقات والممارسات والوسائل الحقلية من حيث النوع و وقت الاجراء مثل وقت الزراعة

والكثافة النباتية ونوع وكمية مدخلات الانتاج (التسميد والري) ومكافحة الآفات و وقت الحصاد وغيرها .

ب-العوامل التي يمكن معالجتها Factors that Can be Manipulated

ماهي موارد الانتاج الطبيعية التي يمكن تحويرها في انتاج المحصول والتي هي في متناول اليد ؟

بعض العوامل في العمليات التشغيلية للإنتاج يمكن تحويرها للحصول على افضل النتائج ، مثل تعديلات التربة يمكن اجراؤها لتحسين ظروف التربة وصفاتها الفيزيائية والكيميائية ، وهي تتضمن زيادة قابلية البزل والتسوية والتقطيع واضافة الجبس حتى وان كانت ظروف التربة مقبولة للبدء بها ، يمكن للمنتج ان يقوم بتجهيز التغذية التكميلية والعوامل الاخرى التي تؤدي الى تحسين النمو والتطور (مثل الاسمدة والري) لغرض زيادة الانتاجية .

بعض الاحيان درجات الحرارة يمكن ان تكون مقبولة خلال فترة محددة للزراعة المبكرة وهذه يمكن عملها باستعمال الزراعة على مساطب . ويمكن ان يقوم المنتج بإجراءات مختلفة لحماية النبات من الصقيع (مثل اغطية الخطوط والتدفئة ومصدات الرياح) ، هذا في الانتاج تحت الظروف المسيطر عليها (البيوت الزجاجية والبلاستيكية) التي يمكن توفير ظروف مثالية لها من حيث الضوء والحرارة والتهوية والرطوبة .

ج -العوامل خارج سيطرة المنتج Factors Outside the Producer Control

هل توجد عوامل في انتاج المحصول لا يستطيع المنتج ان يعمل اي شي لمواجهتها على الاطلاق ؟

ان عامل المناخ يعتبر عنصر المفاجأة في انتاج المحصول . المنتج ربما يختار المكان والصنف الافضل ، وكذلك يطبق افضل العمليات الزراعية مع ذلك لا يحقق النجاح المطلوب اذا كان الطقس لا يساعد على ذلك .

تقلب المناخ ربما يكون غير مؤثر دائما في النبات (مثل مدة الجفاف وظروف البرودة) فالري التكميلي او استخدام الاصناف المقاومة للجفاف يمكن ان تحد من تأثير تقلبات المناخ هذه . ولكن حقائق الطبيعة مثل الرياح القوية والبرد الشديد والفيضان تؤثر بشكل قوي في انتاج المحصول والامطار الغزيرة اثناء حصاد المحصول يمكن ان تؤثر بشكل كبير على المحصول من الحصاد الى الخزن .

ان مشكلة عدم السيطرة من قبل المنتج على كامل المساحة المحددة للإنتاج في بعض البلدان تعد من المشاكل الكبيرة التي قد تؤدي الى فقدان جزء كبير من الحاصل او تدهور العملية الانتاجية . كما ان الاخفاق او الفشل في صنع القرار الصحيح في الوقت المناسب يقود الى فقد كبير وحقيقي في الانتاج . وان انتاج المحصول ليس لديه ضمان من التقلبات السياسية ؟ فالحكومات يمكن ان تشرع قوانين يمكن من خلالها تشجيع المنتجين في الحصول على عوامل الانتاج بسهولة وباقل كلفة اقتصادية . وبالعكس يمكن ان تؤثر سلبا في الانتاج من خلال الاتفاقيات التجارية واضافة التعريفات الكمركية والخدمات . الدعم الحكومي لعوامل الانتاج وبعض المساعدات الاخرى يمكن ان تساهم في دعم المنتجين ومن المعروف ان الحكومات لا تستطيع بشكل مباشر تجهيز متطلبات الانتاج للمنتج وانما خلق بيئة انتاج مناسبة من خلال التشريعات والقوانين للسيطرة على السوق وتداول السلع والخدمات و وضع الخطط الاستراتيجية القريبة والبعيدة الاجل التي تتحكم بمنظومة الانتاج .

تطور الزراعة الحديثة Evolution of Modern Agriculture

ان انتاج المحاصيل لم يكن سابقا كما هو عليه الان . كيف تبدلت عبر السنين ؟

الزراعـة الحديثـة اسـتفادت مـن البحـوث والتقانـات المتطـورة . اذ اصـبح المنتجـون جاهزين لإدخال التقانات الحديثة الى مستلزمات الانتاج الزراعي .

عصر استغلال الموارد (قبل 1900)

Era of Resource Exploitation (Before 1900)

الزراعة الحديثة بدأت مع اكتشاف واستغلال مصادر الانتـاج . اولا ، الاراضـي البدائيـة اكتشـفت واسـتغلت كحقـول زراعيـة وحرثـت الارض وتـم ادامتهـا للزراعـة وتأسيس المحاصيل . القاعدة العقلية (المنطقية) لهذا العصـر هو ان التربـة هـي احدى المصادر المهمة التي تستعمل في زيادة انتاج المحصول . وقد عرف ان عناصر التربـة الغذائية تفقد باستمرار زراعتها دون استبدالها او تدعيمها .

عصر تجديد وحفظ الموارد (بداية 1900)

Era of Resource Conservation and Regeneration (Early 1900)

في بداية مبكرة من 1900 استعمل المنتجون تقنيـات الانتـاج التـي يكـون تأثيرها اقل على التربة ، وقد عرف ان الاراضـي الزراعيـة المتروكـة تسـتعيد خصـوبتها خـلال سنوات قليلة ، ودورات زراعة المحصول اصبحت استراتيجية مهمة لاستغلال رطوبـة التربة باستعمال انظمة محصولية مختلفة .

البقوليات خلال النظام الحيوي الزراعي تؤدي الى تثبيت النيتـروجين فـي التربـة وتعمـل علـى زيـادة محتواهـا مـن المـادة العضـوية عنـد قلبهـا مـع التربـة وهـي لاتـزال خضراء . وان استعمال مخلفات الثروة الحيوانية تؤدي الى تحسين خصوبة التربة .

عصر استبدال الموارد (منتصف 1900)

Era of Resource Subsitiution (Mid 1900)

النشاطات في هذا العصر انتجت التصنيع الزراعي المناسب . وهذه الفترة بدأت في منتصف 1900 (قبل 1950 قليلا) وشهدت استغلال او استثمار التقانات والمكننة واستمرت حتى يومنا هذا اذ استبدلت الحيوانات بالمكائن في الحقل . واستعمل الري التكميلي في ري المحاصيل ، واستعملت الاسمدة الكيميائية بشكل اكثر شيوعا من الاسمدة العضوية ، واستعملت مبيدات الآفات بشكل اكثر تكرارا . مربو النباتات طوروا اصناف محسنة اكثر للمزارعين . ساعد التقدم التقني في هذا العصر المنتجين في زراعة مساحات زراعية اوسع .

عصر المعلومات Era of Information

استمرت التقانات في التقدم والتطور . اكتشفت موارد جديدة واصبحت المعلومات متوفرة بشكل اوسع واسهل واكثر دقة التي تخص كل ما يتعلق بالعمليات الزراعية . اصبح المنتج يستطيع الحصول على التقانات الحديثة ونقلها وتطبيقها في حقله بسهولة .

استعملت شبكة المعلومات (الانترنت) والمعلومات العالمية والمحلية بواسطتها مما ادى الى استمرارية الحصول على معلومات الانتاج المحصولي بشكل اكثر جاهزية ودقة للمنتج اينما يكون موقعه من العالم .

الفصل الثاني

النبات – التركيب والوظيفة

PLANT – STRUCTURE AND FUNCTION

هناك تنوع احيائي هائل في الطبيعة ، مما جعل نباتات بعض المحاصيل تتوزع على مدى واسع من البيئات في العالم . ومحاصيل معينة تمت تسميتها على اساس الاختلافات الزراعية عن محاصيل اخرى . هناك حاجة الى اجماع في الرأي في موضوع التصنيف وتسمية النباتات ، باتباع وسائل تصنيف وتسمية النباتات المستعملة من قبل الباحثين والمستهلكين .

ان توحيد نظام تصنيف وتسمية النباتات من الامور الحاسمة والمهمة لاسيما في التسمية العلمية لأغراض البحث واستعمال النبات . فمثلا محصول الذرة الصفراء يدعى (corn) في الولايات المتحدة و (maize) في المملكة المتحدة (بريطانيا) ، اما الاسم العلمي لها فهو *Zea mays* L. وهذا هو الذي يحدد اسم نباتات المحصول نفسه في كل اجزاء العالم .

التصنيف يتم عمله بتقدم دائم . اذ ان هناك تجديد في المعلومات ناتجة عن المسح العلمي المستمر وتقييم النباتات . لذلك نجد ان الكتب القديمة احيانا فيها تصنيفات واسماء مختلفة عما موجود حاليا . منتج المحصول ربما لا يعرف الاسم العلمي للنبات. تشريح النبات هو علم مركز (دليل) عبارة عن تصنيف ووصف و فهم وظائف الاعضاء التي يتركب منها جسم النبات . فضلا عن دراسة تركيب الخلايا والانسجة وانظمة الانسجة . ان فهم تشريح نبات المحصول تساعد المنتج في التعامل مع النبات وحتى مع توزيع النباتات في الحقل . مربو النباتات اكثر المختصين حاجة لفهم تشريح ووظيفة النبات لكي يكون لهم دور اكبر في تحسين النباتات وجعلها ذات انتاجية اعلى . ان اهدافنا في دراسة هذا الفصل لا تكون لحفظ المصطلحات العلمية ومصطلحات

التركيبات النباتية عن ظهر قلب فحسب بل هو محاولة لربط التركيب مع الوظيفة . انتاج المحاصيل يتضمن المعلومات العلمية التي تدخل في ذلك الانتاج .

ما هو علم تصنيف النبات ؟ What is Plant Taxonomy

تصنيف النبات هو علم تقسيم وتسمية النباتات . يكتمل هذا الاجراء باستعمال البيانات من المصادر المختلفة نفسها المتضمنة الشكل المظهري والتشريحي والتركيبي والفسيولوجي والكيمياء النباتية وعلم الخلية وعلم التطور . بذلك تصنف النباتات بمجاميع وفق العلاقة التي تربط بينها اعتمادا على الصفات المأخوذة عنها . الازهار تلعب دورا كبيرا في تصنيف النبات بسبب كونها العضو الاكثر استقرارا عبر البيئات المختلفة .

التصنيف كعمل في تقدم Taxonomy is a Work in Progress

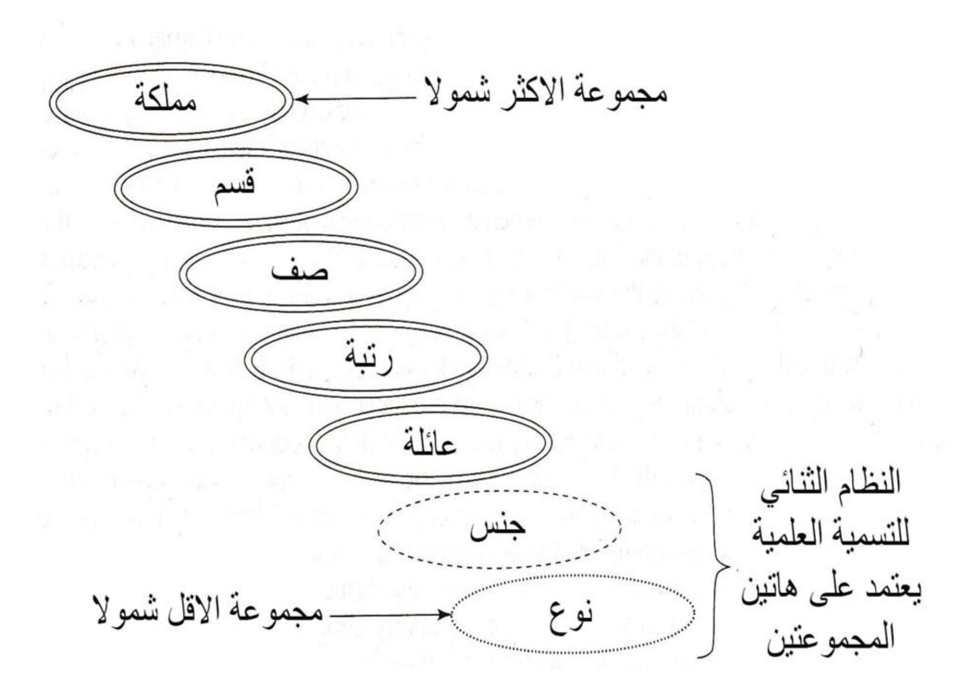
ماهي الاسس التي تستعمل لوضع النباتات في فئات معينة ؟

هناك سبع مجاميع تصنيفية عامة في علم النبات او التصنيف العلمي للنبات (شكل 2 - 1) . المملكة Kingdom هي اكثر مجموعة شاملة . النوع (species) اقل شمولية . كل مجموعة تدعى وحدة تصنيف (taxon) .

كارلوس لينايوس (carolus linnaeus) طور جزئين اثنين من الاسم تدعى (binomial nomenclature) لتسمية النبات . وهذا يتألف من اسم الجنس (genus) والنوع (species) .

التصنيف عمل في تطور مستمر اذ قام العلماء بتعديل التصنيف المحلي ، وادخلوا النباتات في مجاميع جديدة . كمثال على هذه التعديلات موضحة في جدول (2 – 1) . هناك خمس مجموعات كبيرة (مملكات) لكل الكائنات الحية (المملكة

النباتية Plantae ، المملكة الحيوانية Animalia ، المتطفلات Protista ، الفطريات Fungi والمونيرا الاوليات (عديمة الاغشية النووية والعضيات Monera) (جدول 2 – 2) .



شكل 1.2. المجاميع التصنيفية السبعة للكائنات الحية .

جدول 2 . 1 . امثلة على التصنيف العلمي الحديث للنباتات

Plantae	Kingdom	Plantae
Magnoliophyta	Division	Magnoliophta
Liliopsida	Class	Magnoliopsida
Cyperales	Order	Rosales
Poaceae	Family	Fabaceae
Zea	Genus	Glycine
mays	Species	max
Pj457	Cultivar	Kent

يتعلق انتاج المحاصيل كذلك بالمملكات الاربع الاخرى للكائنات الحية التي تؤثر في هذه المجموعة وتسبب مشاكل مهمة للمحاصيل نتيجة الاصابة بالامراض والآفات الاخرى .

المملكة النباتية تتألف من مجموعتين كبيرتين هما النباتات الوعائية (vascular plants) والنباتات غير الوعائية (non - vascular plants) النباتات غير الوعائية تدعى كذلك النباتات الواطئة (lower plants) و النباتات الوعائية تدعى النباتات الراقية (higher plants) وهذه الاخيرة ذات جسم نباتي كبير نسبيا بثلاثة اجزاء واضحة هي الجذور والساق والاوراق . اكثر من 80% من الانواع في المملكة النباتية هي نباتات زهرية . ويتكون بعضها طبيعيا من اصناف نباتية (Varieties) وبعضها من صنع الانسان (Man – made) تم استعمالها خلال برامج التربية وتسمى اصناف زراعية (Cultivars) .

جدول 2. 2 . المملكات الخمسة للكائنات الحية التي وضعت من قبل Whitaker

1- Monera	Have Prokaryotic Cells
	Bacteria
2- Protista	Have eukaryotic Cell
	Algae
	Slime molds
	Flagellate Fungi
	Protozoa
	Sponges
3- Fungi	Absorb food in solution
	True Fungi
4- Plantae	Produce own food by the process of photosynthesis
	Bryophytes
	Vascular Plants
5- Animalia	Ingest their food
	Multicellular animals

النباتات الزهرية التي تنتمي لقسم النباتات الزهرية

Flowering Plants Belong to the Division Magnoliophyta

قسم النباتات الزهرية Magnoliophyta تتضمن النباتات التي تحمل بذور حقيقية وهي من اهم الاقسام النباتية ، وذلك بسبب اهميتها الاقتصادية كونها تدخل في الغذاء والاعلاف والالياف . هذه الاقسام تنقسم الى اثنين من الصفوف (classes) وهي احادية الفلقة Liliopsida وثنائية الفلقة Magnoliopsida وتعد هذه واحدة من قواعد التصنيف الشائعة لنباتات المحاصيل الحقلية (اما احادية او ثنائية الفلقة) .

عوائل المحاصيل الحقلية المنتخبة لقسم النباتات الزهرية Magnoliophyta

أ- ذوات الفلقة الواحدة Monocots

1- العائلة النجيلية Poaceae (Grass Family) :- العائلة النجيلية (او عائلة الحشائش) هي اكبر عائلة من عوائل النباتات الزهرية واوسعها انتشارا . الامثلة على انواعها (الحنطة – الشعير – الشوفان – الرز – الذرة الصفراء) .

2- عائلة النخيل Aracaceae (Palm Family) :- هذه العائلة استوائية وتحت استوائية في تطبعها . امثلة على انواعها (نخيل الزيت *Elaeis guineensis* (Oil palm) و شجرة جوز الهند *Cocos nucifera* (Coconut palm)

3- العائلة النرجسية Amaryllidaceae (Amaryllis Family) :-تتصف هذه العائلة بنباتاتها ذات الابصال ومن الامثلة على الانواع (البصل – الثوم – الثوم المعمر Chives) .

ب-ذوات الفلقتين Dicots

1- العائلة الخردلية (Brassicaceae (Mustard Family :- من الملاحظ على نباتاتها انها اعشاب لاذعه ومن الامثلة على انواعها (اللهانة – الفجل – القرنابيط – اللفت – البروكلي) .

2- العائلة البقولية (Fabaceae (Legume Family :- تتصف ازهار نباتاتها بانها منتظمة وغير منتظمة . الانواع من هذه العائلة تعتبر مصادر مهمة للبروتين سواء للبشر او الثروة الحيوانية . ومن الامثلة على انواعها (الفاصوليا – الماش – اللوبيا – الحمص – فستق الحقل – فول الصويا – البرسيم)

3- العائلة الباذنجانية (Solanaceae (Nightshade Family :- يلاحظ في هذه العائلة وجود القلويات السامة مثل (البلادونا والنيكوتين والاتروبين والسولانين) . ومن الامثلة على انواعها (التبغ – البطاطا – الطماطة – الفلفل – الباذنجان)

4- العائلة السوسبية (Euphobiaceae (Spuge Family :- عدد من نباتات هذه العائلة تنتج عصارة حليبية ، وتتضمن عدد من الانواع السامة . من الامثلة على انواعها (الخروع والـ Cassava)

5- العائلة المركبة(عائلة زهرة الشمس) Asteraceae(SunflowerFamily) :- تعتبر ثاني اكبر عائلة من حيث عدد انواع النباتات الزهرية . من الأمثلة على انواعها (زهرة الشمس و الخس) .

6- عائلة الجزر (Apiaceae (Carrot Family :- نباتات هذه العائلة تنتج ازهار عادة ما تكون مرتبة في اعدادها . ومن الامثلة على انواعها (الجزر – البقدونس – الكرفس) .

7- عائلة القرعيات (عائلة القرع) Cucurbitaceae(Pumpkin Family:-
عائلة القرعيات او اليقطين تتصف بانها تكون متمددة او متسلقة مع اجزاء لولبية

وكبيرة . ثمارها السمينة تحتوي على بذور عديدة . ومن الامثلة على انواعها (القرع – البطيخ – الرقي – الخيار) .

تصنيف وتسمية النباتات هو علم مسيطر عليه بوساطة قوانين عالمية

Classification and Naming Plants is a Science Governed by International Rules

من الذي يقرر الاسم الذي يعطى لنبات معين ؟ علم تصنيف النبات ينسق بواسطة المجلس العالمي لتسمية النبات ، وهو الذي يضع القوانين اللازمة لذلك . تستخدم اللغة اللاتينية في تسمية النبات . على سبيل المثال بعض الاسماء (الصفات) الخاصة تشير الى اللون مثلا Alba (الابيض) و Variegata (مبرقش) و Rubrum (احمر) و Aureum (ذهبي) والقاب اخرى مثلا Vulgaris (شائع) و Esculentus (صالح للأكل) و Sativus (منزرع) و Tuberosum (اثمار الدرنات) و Officinalis (طبي) . نهاية الاسم غالبا يتصف بالتقسيم .

اسماء الصنف غالبا تنتهي بـ opsida (مثلا magnoliopsida) والرتب بـ ales (مثلا rosales) والعوائل بـ aceae (مثلا rosaceae) .هناك طرق خاصة معروفة لكتابة الاسم العلمي الثنائي يتحدد بدقة شديدة وفقا الى اتصالات وتبادل المعلومات العلمية :-

1- غالبا يوضع تحتها خط او يكتب بحروف مائلة (italics) وذلك بسبب ان الكلمات هذه ليست انكليزية .
2- اسم الجنس يجب ان يبدأ بحروف كبيرة ، والنوع عادة يبدأ بحرف صغير والنوع يكتب بصيغتين المفرد او الجمع واحتمال تختصر الى (.sp) او (.spp) .
3- يضاف اسم العالم مختصرا الذي سمى النبات اولا مثلا (.L) يشير الى Linnaeus هو اول من سمى النبات واختصار (.merr) تعني Merrill .

4- اسم الجنس يمكن ان يختصر او يمكن ان يكون لوحده مثلا *Zea mays* وان Zea يمكن ان تكتب (.Z) .

5- اسم الصنف ربما يتضمن اسم ثنائي على سبيل المثال Lycoperiscon esculentum Mill cv. Big Red صنف الطماطة (الاحمر الكبير Big Red) .

انظمة التصنيف التشغيلية Operational Classification Systems

نباتات المحاصيل ربما تصنف للأغراض الخاصة او اعتمادا على موسم النمو ونوع الساق وشكل النمو والجزء الاقتصادي او الاستخدامات الزراعية .

أ- دورة النمو الموسمية Seasonal Growth Cycle :- ربما تصنف النباتات اعتمادا على مدة دورة الحياة (من البذرة الى الانبات الى الازهار الى النضج والحصاد والى البذرة مرة اخرى) تحت هذه القاعدة فان نباتات المحاصيل تصنف الى:-

1- حولية Annual :- النباتات الحولية او التي تكمل دورة حياتها في موسم نمو واحد مثل (الذرة الصفراء – الحنطة – الذرة البيضاء) والحولية هذه اما ان تكون حولية شتوية او حولية صيفية . الحولية الشتوية (مثل الحنطة) تستفيد من موسمين فهي تزرع في الخريف وتحتاج الى فترة فسيولوجية حرجة هي الارتباع (Vernalization) في الشتاء التي تحتاجها للأزهار والاثمار في الربيع . هناك محاصيل لا يمكن القول عنها بانها حولية (مثل القطن) .

2- ثنائية الحول (Biennial) :- وهذه تكمل دورة حياتها في موسمي نمو (مثل البنجر السكري) حيث ينمو خضريا في الموسم الاول في الشتاء ويبدأ بالتكاثر وتكوين البذور في ربيع الموسم الثاني .

3- المعمرة (Perennial) :- وهي النباتات التي لها القابلية على اعادة دورة حياتها بشكل غير محدد من خلال الدورات حول مرحلة الموت . وهي غالبا ما تكون عشبية . وتمتاز بان لها نمو خضري تحت الارض تدعى (الرايزومات Rhizomes) مثل الحشيش الهندي (Indian grass) او لها تراكيب فوق الارض (مدادة زاحفة Stolon) مثل حشيشة الجاموس (Buffalo grass) وقسم منها تكون خشبية كما في الشجيرات مثل الكروم Vines (العنب Grape) والاشجار (مثل البرتقال) .

ب- نوع الساق Stem Type :- بعض النباتات لا تملك ساق خشبي في النمو الخضري (مثل الذرة الصفراء والبنجر السكري) التي تدعى اعشاب (Herbs) او نباتات عشبية (Herbaceous Plants) . اما الشجيرات (Shrubs) فهي نباتات لها سيقان متعددة تظهر من سطح الارض . بينما الاشجار (Trees) مثل الحمضيات وجوز الهند فلها جذع (Trunk) رئيسي او محور (Axis) مركزي .

يمكن ان تصنف النباتات الى مجموعات اعتمادا الى شكل الساق والمجموعات الشائعة هي كما يلي :-

1- قائم Erect :- النباتات القائمة يمكن ان تنتصب عموديا بدون دعم فيزيائي . تنمو بزاوية حوالي 90^0 مع سطح الارض .

2- مضطجع (ممدد على الارض) Decumbent :- النباتات ذات السيقان المضطجعة على الارض مثل فستق الحقل .

3- الزاحفة Creeping (او Repent) :- نباتات هذا التقسيم مثل الشليك Strawberry (*Fragaria* spp.) لها سيقان تنمو بشكل افقي على الارض .

4- المتسلقة Climbing :- المتسلقات هي نباتات لها تحوير للأجزاء الخضرية (اوراق او سيقان) تلتف حول اي جزء فيزيائي قريب . وهي ليس لها تمدد على الارض مثال على ذلك البطاطا نوع اليام Yam (*Dioscorea* Spp.) .

جـ- الاستخدام الزراعي Agronomic Use :- نباتات المحاصيل يمكن ان تقسم اعتمادا على الاستخدام الزراعي كما يلي :-

1- حبوبيات Cereals :- هذه الحشائش مثل الحنطة والشعير والشوفان التي تزرع لحبوبها الصالحة للأكل (Edible Seed) .

2- البقوليات Pulses :- تزرع لغرض حبوبها الصالحة للأكل مثل الفاصوليا والبزاليا والحمص واللوبيا والعدس والماش وغيرها .

3- العلفية Forage :- المحاصيل التي تزرع لأجل المادة الخضراء وهي التي تحصد وتستعمل طرية او تجفف و تقدم كعلف للحيوانات مثل (الجت والبرسيم) .

4- الجذريات Roots :- المحاصيل التي تزرع لأجل جذورها المحورة (العصارية) مثل البطاطا الحلوة و cassava .

5- الدرنيات Tubers :- المحاصيل التي تزرع لأجل سيقانها المحورة (العصارية) مثل (البطاطا الايرلندية وبطاطا نوع Yam) .

6- المحاصيل الزيتية Oil Crops :- تزرع هذه المحاصيل من اجل محتواها من الزيت (مثل فول الصويا وفستق الحقل وزهرة الشمس والسمسم والكتان وغيرها)

7- المحاصيل الليفية Fiber Crops :- تزرع هذه المحاصيل للحصول على اليافها مثل (الجوت والكتان والقطن) .

8- المحاصيل السكرية Sugar Crops :- المحاصيل التي تزرع لغرض صناعة السكر مثل (قصب السكر والبنجر السكري والذرة السكرية) .

9- محاصيل السماد الاخضر Green Manure Crops :- المحاصيل التي تزرع وتحرث مع التربة بينما وهي ما تزال فتية وخضراء لغرض تحسين خصوبة التربة (مثل عديد من انواع البقوليات) .

10- محاصيل التغطية Cover Crops :- محاصيل تزرع ما بين دورات المحاصيل المنتظمة لغرض حماية التربة من التعرية وبعض عوامل الطقس المختلفة (مثل عدد من الحوليات) .

11- الدريس Hay :- نباتات الحشائش او البقوليات التي تزرع وتحصد وتجفف لتغذية الحيوانات (مثل الجت وحشيشة الجاموس) .

د- التطبع Adaptation :- ربما تصنف النباتات على اساس درجات الحرارة التي تلائمها اما نباتات الموسم البارد او نباتات الموسم الدافئ .

1- **نباتات الموسم البارد او المعتدلة Cool Season or Temperate Plants :-** هذه النباتات مثل الحنطة والبنجر السكري تفضل الاشهر ذات المتطلبات الحرارية ما بين 15 – 18 م^0 للنمو والتكشف .

2- **نباتات الموسم الدافئ او الاستوائية Warm Season or Tropical Plants :-** هذه النباتات مثل الذرة الصفراء والبيضاء تتطلب درجات حرارة دافئة من 18 – 27 م^0 خلال موسم النمو والتكشف .

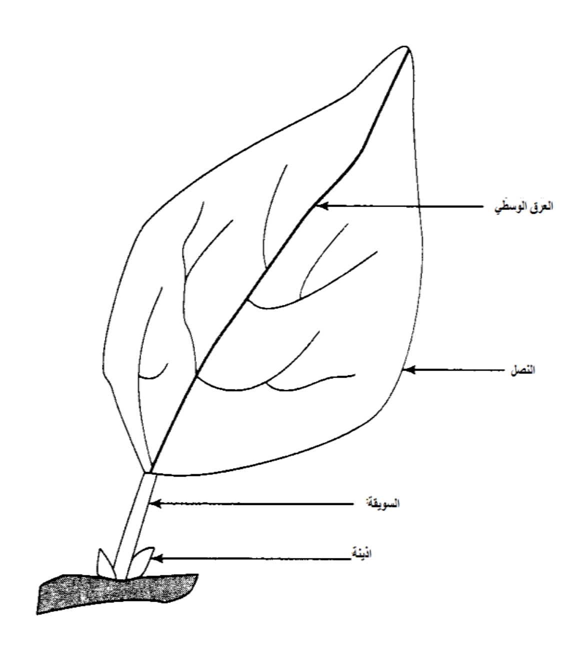
التمييز البصري للنباتات التي تتطلب المام بشكل النبات الخارجي

Visual Identification of Plants Requires Familiarity with Plant Morphology

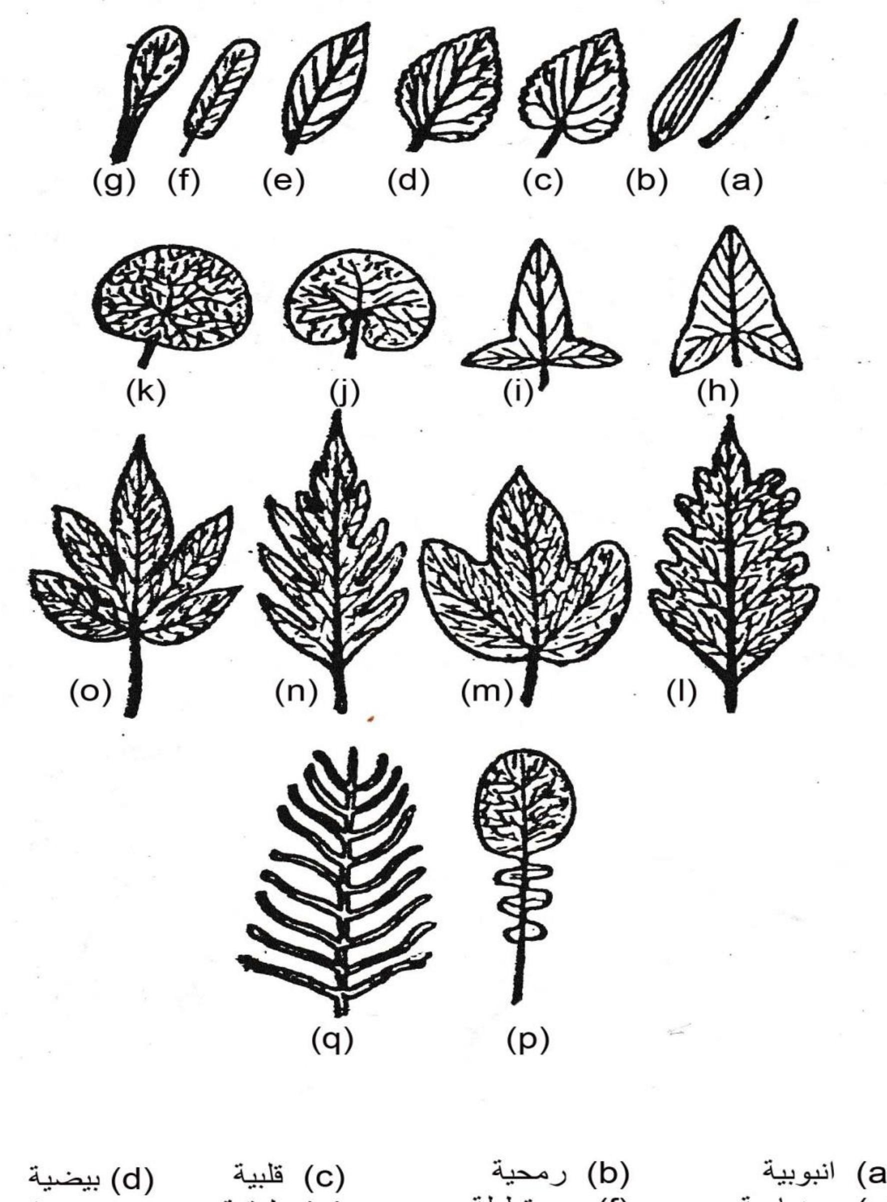
لغرض تصنيف النباتات بشكل واضح يجب دراسة الشكل المظهري للنبات عبر الاجناس وخصوصا الصفات المميزة لها . الصفات المظهرية المميزة لأجزاء النبات مثل الاوراق والازهار والسيقان تستعمل لتشخيص نباتات المحاصيل . الوصف

المميز الذي يصنف النباتات الى ذوات الفلقة الواحدة او ذوات الفلقتين . واحدة من اشهر الصفات المميزة لهذين التقسمين تحت الصف للنباتات الزهرية هي الاوراق .

الورقة هي جزء التركيب الضوئي الرئيس للنبات . الاوراق المثالية لها ثلاث مكونات : الجزء المتثخن لقاعدة الورقة (pulvinus) وسويقة الورقة (leaf stalk) ونصل الورقة (leaf blade) كما في شكل (2 . 2) . نصل الورقة يتألف من العرق – العروق ، وان العرق الرئيس يكون اكبر من التشعبات . العروق في نباتات ذوات الفلقتين تكون متشعبة وفي ذوات الفلقة الواحدة تكون متوازية . وللأوراق زوج من الاذينات في قاعدة الورقة . ذوات الفلقة الواحدة عموما تدعى اوراقها بالضيقة (رفيعة) بسبب شكلها الصفائحي بينما في ذوات الفلقتين عموما تكون اوراقها عريضة وتدعى الاوراق العريضة (broad leaf) .



شكل 2.2 . ورقة بسيطة ، الجزء الكبير هو النصل . تختلف في الحجم والشكل والتثخن وصفات اخرى عبر الاجناس . بعض الاوراق ليس لها سويقة فهي تتصل بشكل مباشر بالفرع



(a) انبوبية (b) رمحية (c) قلبية (d) بيضية
(e) بيضاوية (f) مستطيلة (g) ملعقية (h) سهمية
(i) مزراقية (j) كلوية (k) درعية (l) مفصصة ريشية
(m) مفصصة راحية (n) مقسمة ريشية (o) مقسمة راحية
(p) مجزأة (q) مجزأة خيطية

شكل 2 . 3 . اشكال مختلفة للأوراق. نوع النصل مختلف

تشخيص نباتات الاوراق العريضة

Identifying Broad Leaf (Foliage) Plants

نباتات الاوراق العريضة ربما توصف بالأوراق الشجيرية :-

1- هيئة الورقة Leaf Form :- هيئة الورقة يرجع الى هيئة النصل . هيئات او اشكال الاوراق تتراوح من الابري الى الدائري (شكل 3.2)

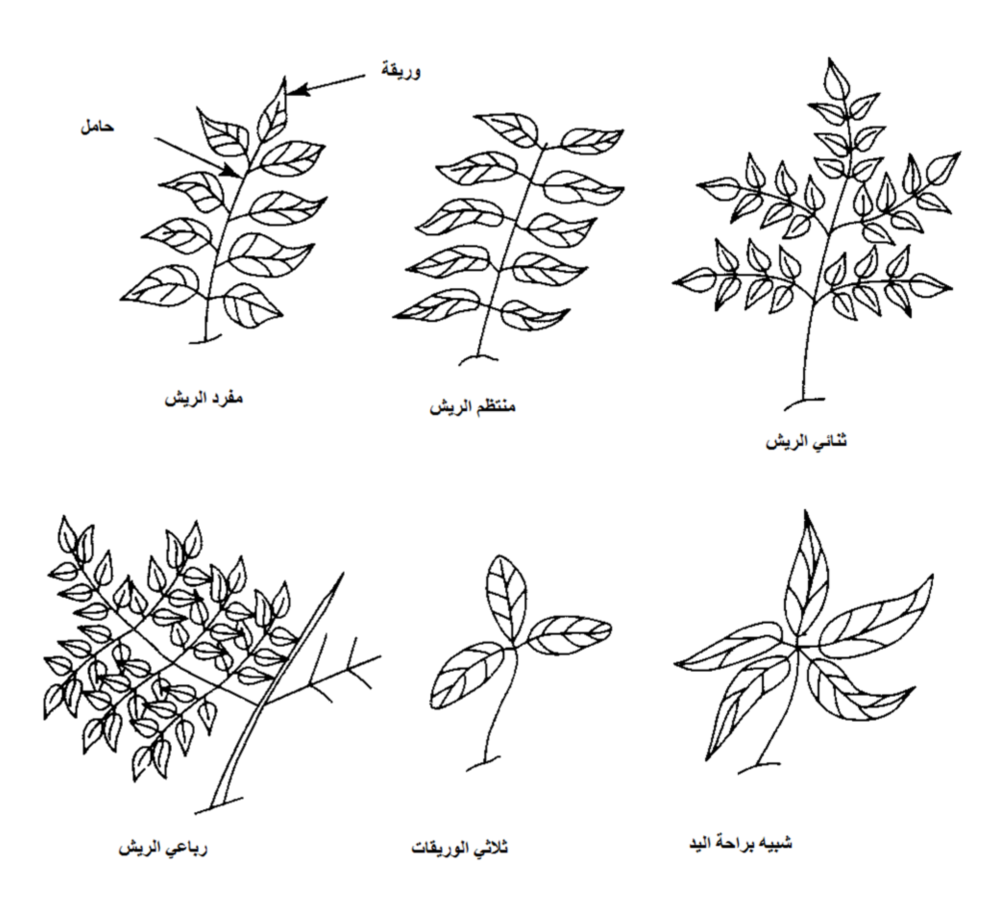
2- شكل الورقة Leaf Shape :- شكل الورقة يرجع الى تعقيد الورقة . ربما للورقة نصل منفرد وتدعى الورقة بسيطة (simple leaf) . وربما يكون نصل الورقة مقسم الى وريقات عدة صغيرة على الضلع الاوسط او العرق الثانوي . مثل هذه الاوراق تدعى الاوراق المركبة Compound Leaf . هناك ترتيبات عديدة للوريقات على الاوراق المركبة (شكل 4.2) . هناك اثنين من انواع الاوراق المركبة اما تشبه راحة اليد – كفي (palmate) (تظهر الوريقات من نقطة واحدة على قمة الحامل) وريشي (pinnate) الوريقات تكون مرتبة تشبه ريشة الطائر (feather) . الدرجة الثانية للريش مرتبة تدعى ثنائية الريش (bipinnate) والدرجة الثالثة تدعى ثلاثية الريش (tripinnate) .

3- حافة الورقة Leaf Margin :- انواع حافة الورقة تتراوح من غير مسنن (unidented) اوناعم (smooth) الى مسنن (toothed) الى المفصص (lobed) شكل (5.2) .

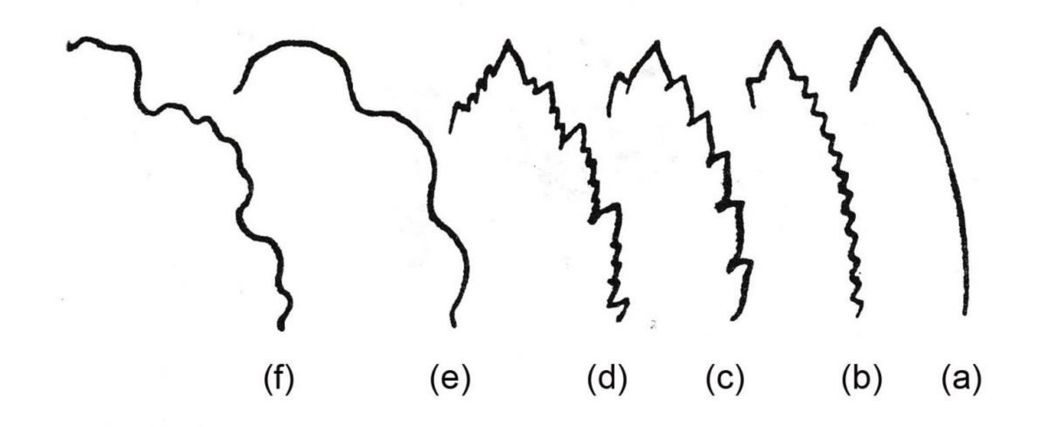
4- ترتيب الورقة Leaf Arrangement :- تكون اما متبادلة (alternate) او متقابلة (معاكسة) (opposite) او نجمية (فلكة المغزل) (whorl) شكل (6 . 2) .

5- التصاق الورقة Leaf Attachment :- براعم الاوراق تتصل بالساق (انصال) بطرائق عدة ، ربما تكون بحاملة ورقة – سويقة (petioled) او جالسة (sessile) او تكون الورقة متصلة حول الساق (شكل 7.2) .

6- القمة والقاعدة Tips and Bases :- اوراق النبات تختلف في شكل القمة والقاعدة (شكل 8.2) .

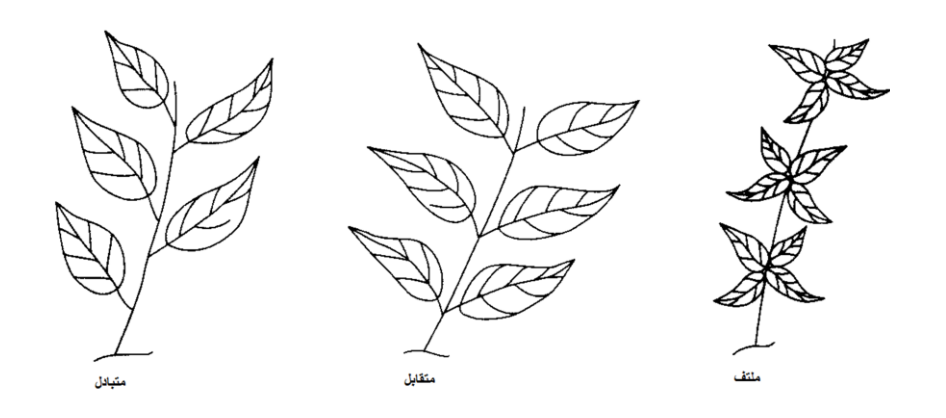


شكل 4.2 . اشكال الاوراق المركبة . بدلا من نصل واحد صلب بعض الاوراق تتألف من وريقات صغيرة عدة) الاختلاف في الشكل الكفي والاشكال الاخرى

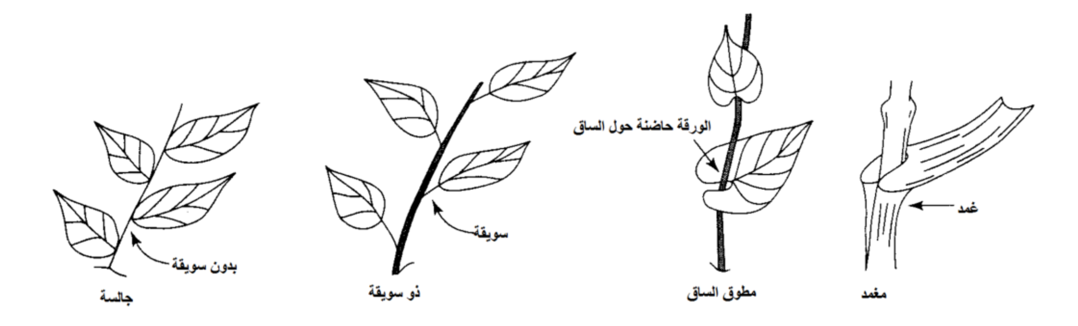


(a) حافة كاملة (b) حافة مسننة (c) حافة منشارية
(d) حافة منشارية متضاعفة (d) حافة متموجة (f) حافة متضرسة

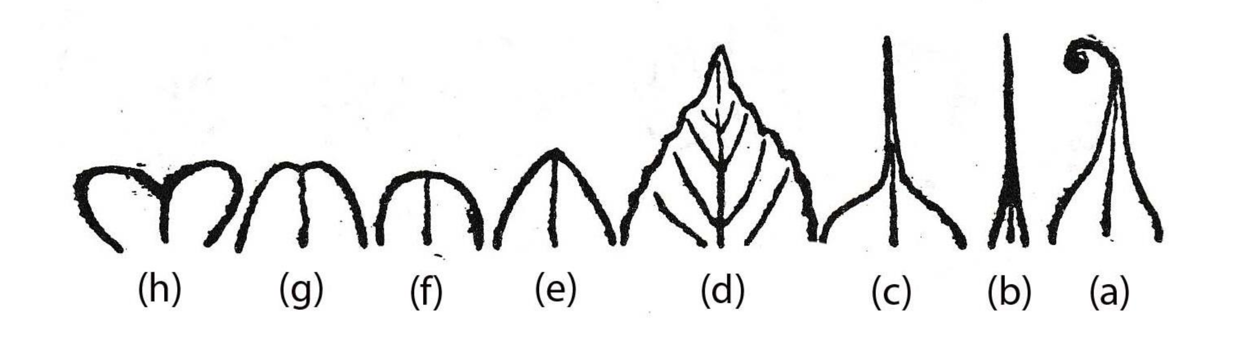
شكل5.2 . الاختلافات في حافات الاوراق . حافة الورقة قد تكون كاملة او تكون خشنة الحافة (مسننة اومتموجة) .



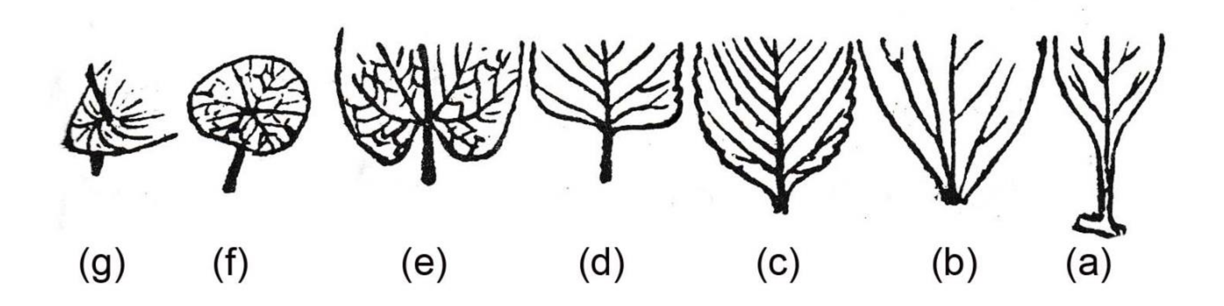
شكل 6.2. الطرز الشائعة لتنظيم الاوراق على حامل الورقة



شكل 7.2 . الطرق الشائعة لاتصال الاوراق بالسيقان

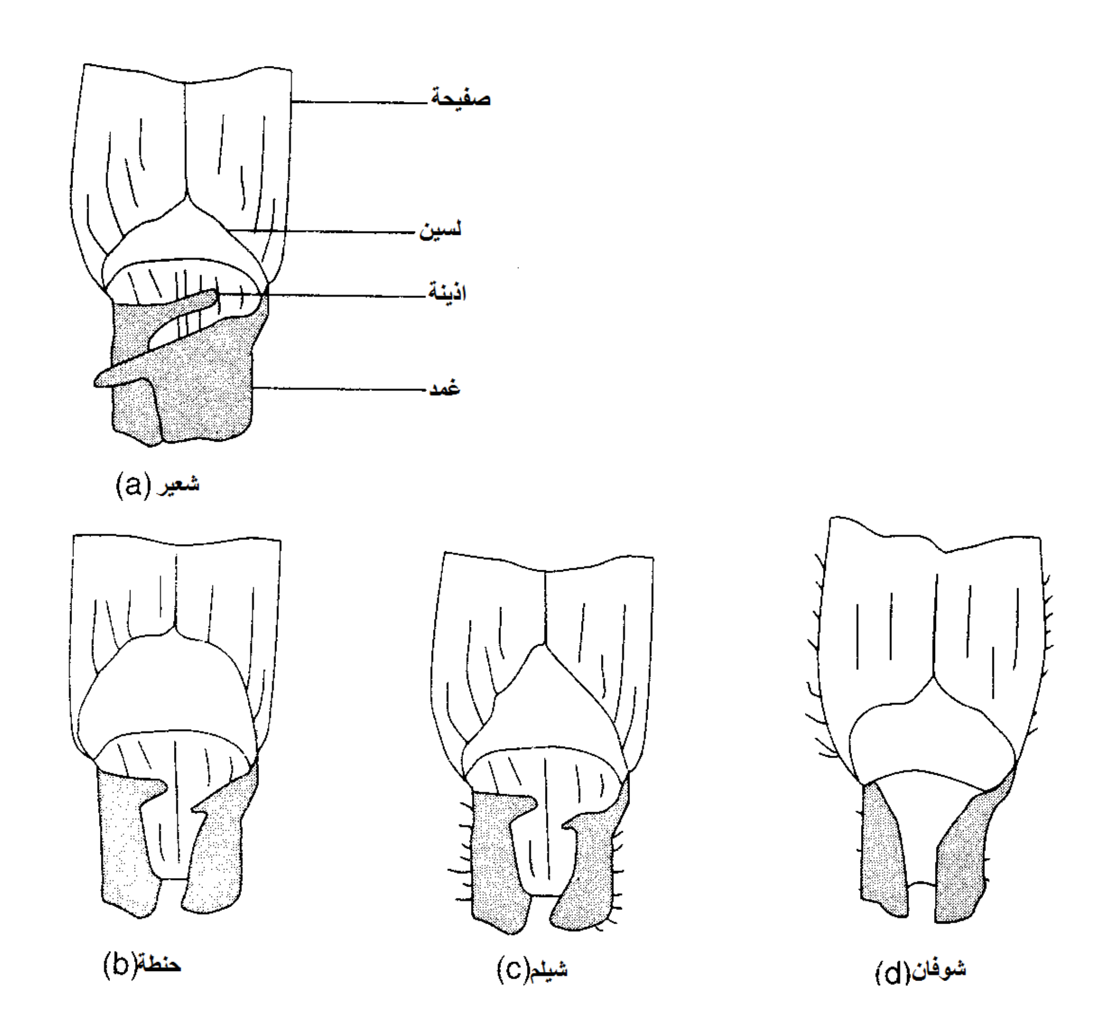


(a) قمة محلاقية (b) قمة مسحوبة شوكية (c) قمة مسحوبة
(d) قمة مستدقة (e) قمة حادة (f) قمة مستديرة
(g) قمة معقودة (h) قمة منخفضة



(a) قاعدة مستدقة (b) قاعدة مثلثة (c) قاعدة مستديرة
(d) قاعدة مسطحة (e) قاعدة قلبية (f) قاعدة درعية
(g) قاعدة مثقوبة

شكل 8.2 . الاشكال الشائعة لقواعد ونهايات الاوراق



شكل 9.2 . الاشكال المختلفة للربط بين نصل الورقة والساق من خلال غمد الورقة للحشائش . يظهر في الشكل النصل واللسين والاذينات والغمد

تشخيص نباتات الحشائش Identifying Grass Plants

كما في نباتات الاوراق العريضة . نباتات الحشائش تشخص وتصنف على اساس صفات اجزاء النبات

أ- **الورقة Leaf :-** شكل اوراق الحشائش تقريبا بقاعدة واحدة (رفيعة تقريبا) ، ولكنها تختلف في صفات اخرى تتضمن التعرق والغمد واللسين والاذينات (شكل 9.2)

1- **التعرق Venation :-** عادة يكون التعرق متوازي طولي لأوراق الحشائش او يكون شبكي كما في نبات الونكا .

2- **الغمد Sheath :-** الجزء السفلي لنصل ورقة الحشائش عادة مايكون ملتصق مع الساق ويدعى الغمد (sheath) . الغمد يمكن ان يكون منفصل وملامس فقط للساق او مغلف للساق او ملتحم تماما وتداخل مع الساق .

3- **الطوق Collar :-** نصل الورقة والغمد يرتبطان في منطقة تدعى الطوق ، وهذا يمكن ان يكون ضيق او واسع او ربما يكون مقسم الى مقطعين .

4- **اللسين Ligule :-** هذا الجزء الشفاف او حلقة من الشعر توجد على الورقة ترتبط في داخل الورقة او الغمد

5- **الاذينات Auricles :-** هي مخالب تشبه المحلق وترتبط اما من جانب الطوق الى داخل نصل الورقة وتمتد جزئيا حول الساق على شكل مشبك .

الازهار وسيلة موثوقة جدا لتشخيص النبات

Flowers are Very Reliable Means of Plants Identification

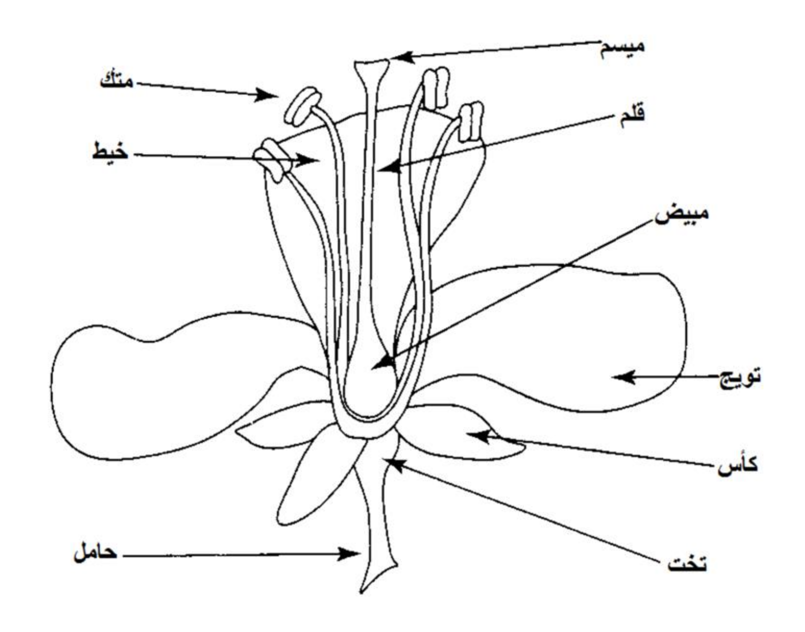
الازهار هي العضو الاكثر استقرارا (ثباتا) تحت مختلف الظروف البيئية لذلك فهي مهمة جدا في دراسة تقسيم النباتات . الازهار يمكن ان تكون منفردة وتدعى الازهار البسيطة (simple flowers)، واما ان تكون بمجاميع وتدعى العنقود الزهري او ما يسمى بالنورة (inflorescence) .

الازهار البسيطة Simple Flowers

الزهرة البسيطة المثالية لها اربعة اجزاء رئيسية هي التويج (petal) والكأس (sepal) والكاس عبارة عن غطاء حامي للزهرة في مرحلة البرعم والمدقة (pistil) وهو الجزء التكاثري الانثوي والسداة (stamen) وهي الجزء التكاثري

الذكري ، الشكل (10.2) . المدقة تتألف من المبيض Ovary (الجزء الذي يكون الثمرة) ، والقلم Style (هو الجزء الرابط بين المبيض والميسم) ، والميسم الطرفي Stigma (منطقة استقبال حبوب اللقاح) . اما مكان وجود البيضة فيدعى الكربلة Carpel . بعض الازهار لها اكثر من كربلة .

الكرابل مجتمعة تكون مايسمى بالمأنث Gymoecium . البويضات في الكرابل تتطور الى بذور . الاوراق التويجية تؤلف التويج Corolla ، بينما تؤلف الاوراق الكأسية الكاس Calyx . السداة تتألف من الخيط Stalk او Filament، وحبوب اللقاح محمولة في تركيب يدعى المتك Anther وهو عبارة عن كيس من حبوب اللقاح . الاسدية مجتمعة تدعى Androecium .



شكل 10.2. اجزاء الزهرة الكاملة وهي اربعة (الكاس والتويج والسداة والمدقة)

النظام الزهري Inflorescence

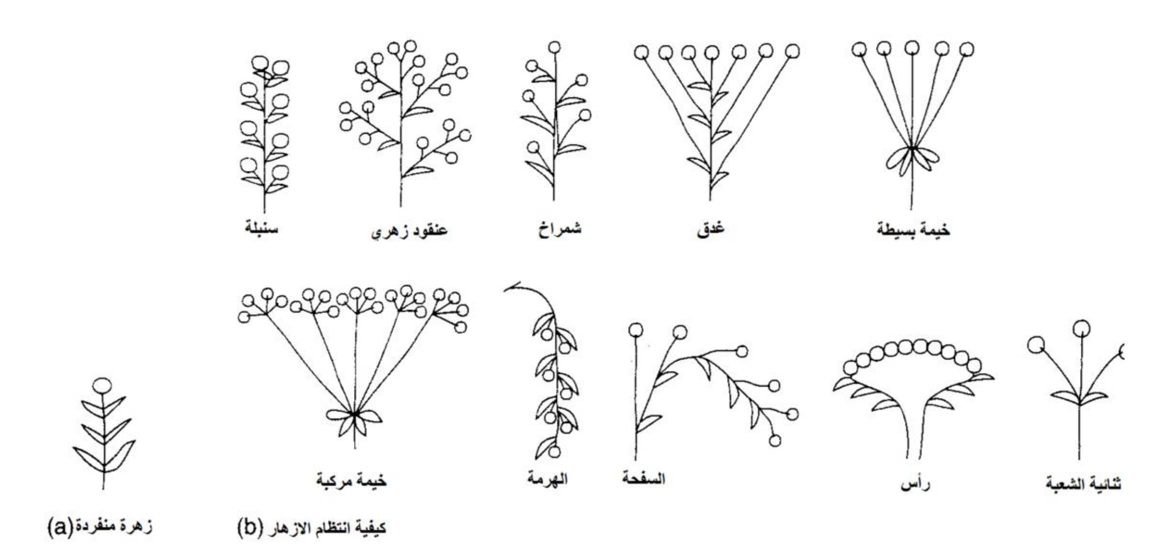
هناك مجموعتين من النظام الزهري هما غير محدود Indeterminate ونظام زهري محدود Determinate . في النظام الزهري غير المحدود ، البرعم الطرفي

يستمر في النمو لمدة غير محدودة . انواع النظام الزهري غير المحدود اما عبارة عن عنقود (شمراخ) Raceme (استطالة المحور مع ازهار فرعية) ، او سنبلة Spike (مثل العنقود ولكن الازهار جالسة) ، او عذقي Corymb (السويقات متدرجة بالطول) ، وعنقود Panicle (نظام زهري مركب يتألف من تجمع من انواع الانظمة الزهرية الاخرى) شكل (11.2) . في النظام الزهري المحدود البرعم الطرفي يصبح زهرة . هذا النوع من النظام الزهري يدعى السفحة (السنمة او القمة cyme) . اذ يوجد انواع مختلفة من السفحات .

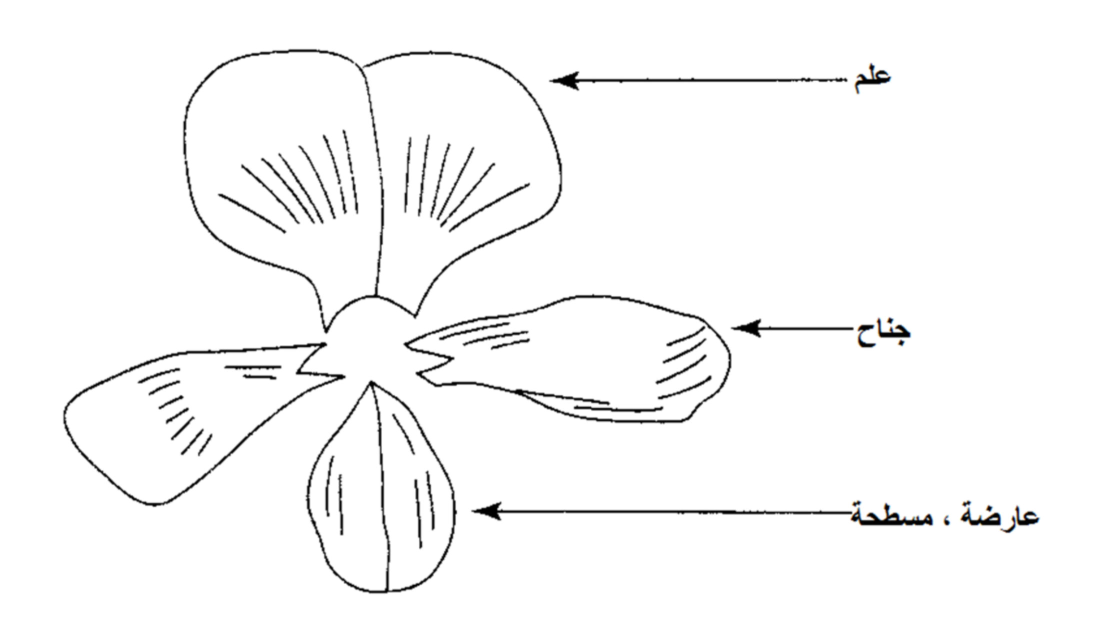
المجموعة الثالثة من الانظمة الزهرية ينتج قمة سطحية ولكن بدون محور مركزي واضح . الانواع في هذه المجموعة هي خيمة Umbel وراس Head ، الازهار في الراس تكون جالسة .

زهرة بقوليات مثالية Typical Legume Flower

هناك ازهار معينة لها صفات فريدة ، وتتميز بها نباتات البقوليات بشكل خاص وحصريا . البتلات (التويج) في ازهار عائلة البقوليات لها ترتيب وشكل بصفات خاصة (شكل 12.2) . الزهرة لها خمسة اوراق تويجية ، واحدة قياسية واثنين جناح ، واثنين مرتبطة مع بعضها تشكل عارضة مسطحة جؤجؤ (Keel) . اما التركيب الانثوي فلها كربلة واحدة والتي ربما تحتوي على بويضات عدة . الثمرة الناضجة للبقول تدعى قرنة (Pod) لذا تسمى زهيرة (Floret) .



شكل 11.2 . طرز النورات الزهرية في النباتات

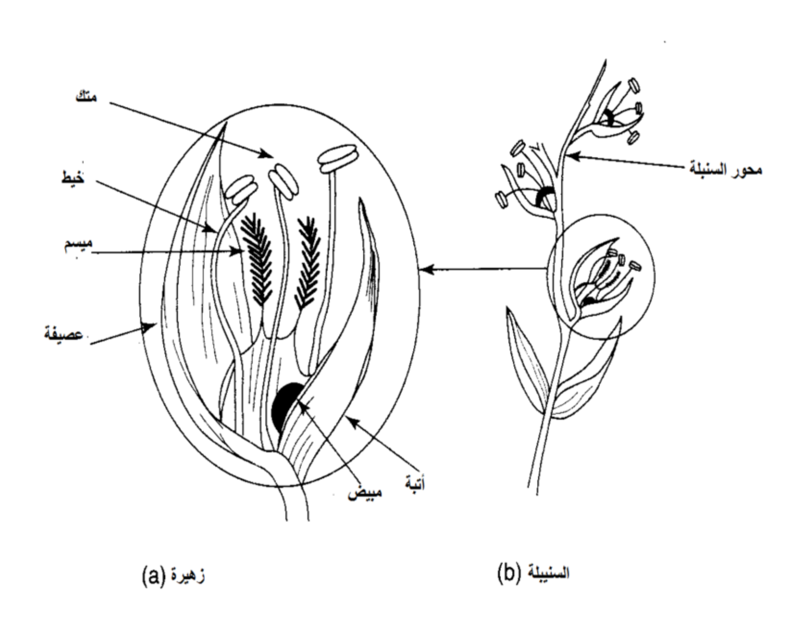


شكل 12.2. الاوراق التويجية لزهرة البقوليات وهي منفردة بامتلاكها علم عريض ، اثنين من الاجنحة وعارضة مسطحة واحدة

زهرة حشائش مثالية Typical Grass Flower

عائلة الحشائش Poaceae تتصف بان أزهارها ذات نظام زهري سنبلي (شكل 13.2) . زهيرة الحشائش تتألف من العصيفة Lemma والاتبة Palea وهي محيطة بالجزء التكاثري للنبات . زهرة الحشائش توصف بانها غير كاملة (incomplete) كونها تفتقد الاوراق التويجية (البتلات) .

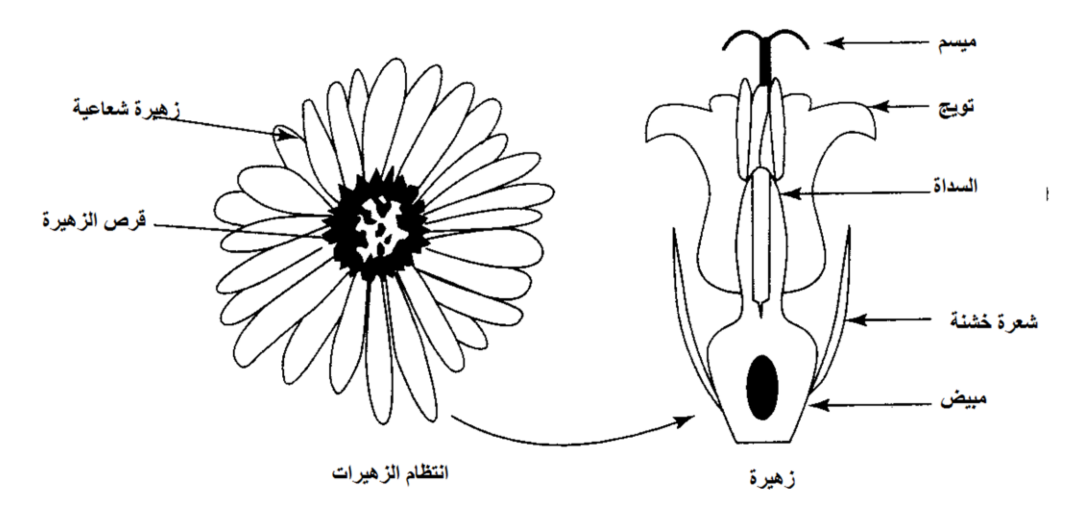
في نباتات الذرة الصفراء ، الاعضاء الجنسية تقع على اجزاء مختلفة من النبات، مثل هذه الازهار التي تشبهها توصف بالأزهار الناقصة Imperfect . كذلك تدعى نباتات الذرة الصفراء بانها نباتات احادية الجنس Monoecious Plant (كلا نوعي الازهار تقع على نفس النبات ولكن بمواقع مختلفة) . النباتات ثنائية الجنس (dioecious plant) لها ازهار ناقصة (غير كاملة) ، ولكن الاعضاء الجنسية تقع على نباتات منفصلة .



شكل 13.2 . زهرة الحشائش انتظامها الزهري يدعى عنقودي ، فهي تتألف من تحت الوحدات تدعى السنيبلات التي تحمل الزهيرات

زهرة مركبة مثالية Typical Composite Flower

نباتات زهرة الشمس (عائلة asteraceae) لها نوعين من الزهيرات التي تكون مرتبة على القرص (شكل 14.2) .



شكل 14.2 . انتظام الزهيرات في العائلة المركبة (عائلة زهرة الشمس) الراس متعدد الزهيرات

تمييز البذور Seed Identification

بذور ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة لها اختلافات جوهرية معروفة .

بذور البقوليات Legume Seed

بذور البقوليات يمكن تمييزها على اساس الشكل الظاهري بوساطة لون غلاف البذرة الخارجي (Testa) والنسجة والشكل والحجم .

1- اللون Color :- هذه الصفة تكون واضحة في البذور الطازجة ويختفي اللون كلما تقدمت البذور بالعمر .

2- القوام Texture :- نسجة البذور تعود الى غلافها الظاهر ، فربما تكون ناعمة او خشنة او داكنة او لماعة .

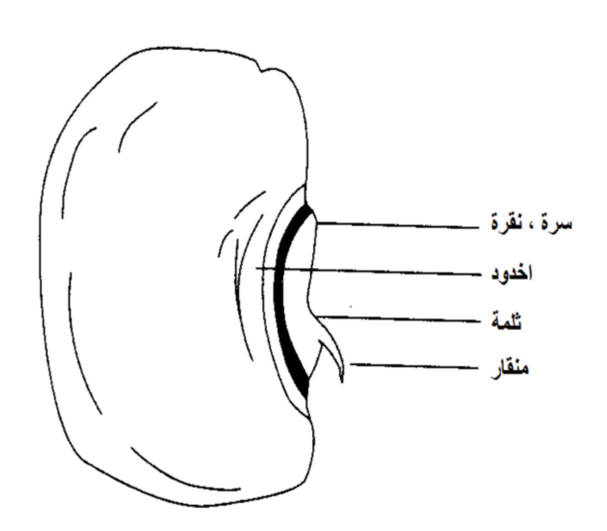
3- الشكل Shape :- هذه الصفة تعتبر من اشهر الصفات ثباتية و وضوح من ناحية التمييز . وهي تتميز بثلاثة عناصر (شكل 15.2)

أ- الثلمة Notch :- وهي موجودة في منطقة النقير Hilum (منطقة اتصال البذرة بجدار المبيض) . ربما تكون عميقة او سطحية .

ب- المنقار Beak :- يقع هذا امتداد ثلمة النقير كنتوء نقطي ، وربما يقع على السطح .

ت- الاخدود Groove :- يشبه الفجوة وهو يمتد من السرة والى الاسفل على جانب البذرة .

4- الحجم Size :- يتأثر الحجم كثيرا بالبيئة فربما تتجعد البذور تحت ظروف مختلفة حجم البذرة يحدد بالوزن (مثل وزن 100 بذرة او عدد البذور في الغرام الواحد)



شكل 15.2 .بذرة ذوات الفلقتين ، السرة ربما تكون بالوان مختلفة – لها منقار والثلمة تكون قريبة من السرة

بذرة الحشائش Grass Seed

يتم تمييز بذرة الحشائش على اساس اللون ونوع السويداء (الاندوسبيرم) وهي انسجة خزن الغذاء في البذرة والشكل والحجم .

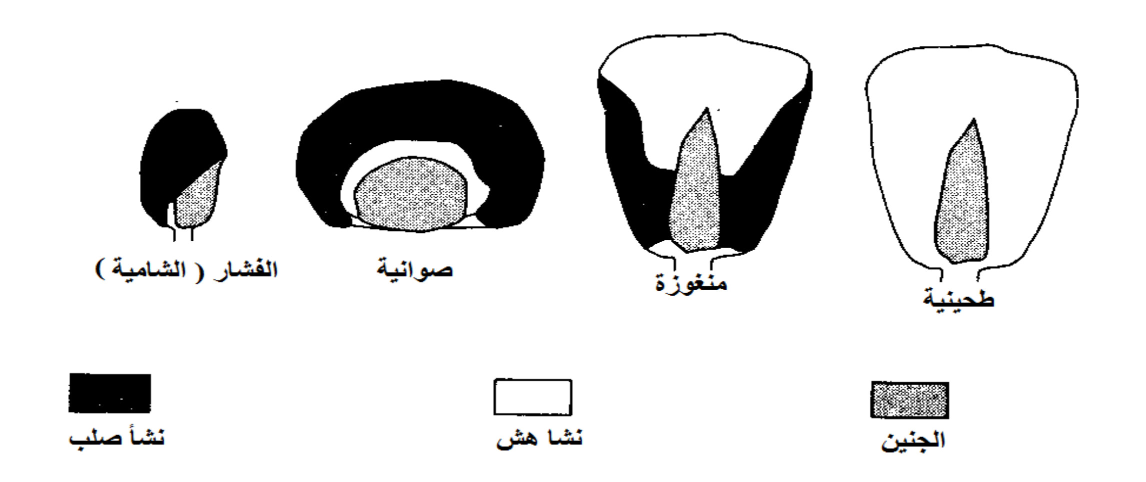
أ- **اللون Color :-** لون الحبة او البرة (caryobsis) يكون واضحا على اغلفة البذرة الخارجية وطبقة الاليرون (طبقة غنية بالبروتين مكونة من طبقة من خلايا كبيرة الحجم وهي اول طبقات السويداء (الاندوسبيرم) ، فعلى سبيل المثال الذرة الصفراء ربما يكون لون اغلفة الحبة احمر او عديم اللون والاليرون ازرق او عديم اللون بينما يكون الاندوسبيرم (السويداء) اصفر او ابيض .

ب- **نوع السويداء Type of Endosperm :-** ان خصائص السويداء (الاندوسبيرم) تختلف في تركيبها الكيميائي والفيزيائي (شكل 16.2) من الذرة الصفراء فقد يوصف الاندوسبيرم على انه سكري اونشوي او صيواني (flinty) . في الحنطة يكون الاندوسبيرم اما طري او صلب النشأ (زجاجي او شبه زجاجي) .

ت- **القوام Texture :-** الحبة ربما تكون باهتة (dull) او براقة (shing) او لماعة (glossy) .

ث- **الشكل Shape :-** في الرز على سبيل المثال فان حبوب الرز تقسم في التسويق للاستهلاك على اساس الحبة اسطوانية او طويلة او متوسطة او قصيرة . اذ تكون الحبة منقطة في نهايتها كما في الشعير بينما لايكون ذلك في الحنطة .

ج- **الفرشاة Brush :-** الزغب او الشعيرات ربما تغطي احدى نهايات الحبة فحبة الشعير لا تحوي على زغب او شعيرات بينما تحوي الحنطة وعموم فان الحنطة الخشنة ليس فيها فرشاة .



شكل 16.2 . انواع السويداء في الذرة الصفراء ، الذرة الشامية (الفشار) لها نشأ هش قليل جدا ، بينما الصوانية اغلبها نشأ صلب . في الجانب الاخر المنغوزة حوالي 50% منها نشأ هش . بينما ذرة الطحين كلها نشأ هش

بذور الحشائش العلفية Forage Grass Seed

تتميز بذور الحشائش العلفية بالاعتماد على قاعدة صفات القنابع Glumes ، والعصيفة Lemma والاتبة Palea . القنابع تختلف في الحجم والشكل والنسجة واللون والعروق Nerves (او veins) والعوامل الاخرى . هذه التراكيب تكون عادة ملتصقة مع البذور الحقيقية (والتي تكون عارية في انواع الحبوبيات) . العصيفة تختلف كذلك في الشكل والحجم والنسجة واللون و وجود السفا اضافة الى صفات اخرى .

Plant Internal Structure التركيب الداخل للنبات

Fundamental Unit of Organization الوحدة الاساسية لنظام الكائن الحي

الخلية هي الوحدة الاساسية لنظام الكائن الحي . بعض الكائنات الحية تتألف من خلية واحدة (احادية الخلية unicellular) . بينما كائنات اخرى تتكون من خلايا عدة تعمل سوية (متعدد الخلايا multicellular) .

في انتاج المحاصيل ، المنتج يقوم عادة بزراعة الكائنات متعددة الخلايا فقط . غير ان وحيدة الخلية (مثل البكتريا) التي تكون مهمة في الانتاج لا يزرعها . هناك كائنات تدعى عديمة النواة (prokaryotic) . الخلايا الحيوانية والنباتية تختلف من حيث التركيب والوظيفة والاجزاء التي تتكون منها (جدول 3.2) .

جدول 3.2. مقارنة الخلايا النباتية والحيوانية

ت	اجزاء الخلية	الخلية النباتية	الخلية الحيوانية
1	Cell Wall جدار الخلية	+	-
2	Plasma غشاء البلازما membrane	+	+
3	Nucleus النواة	+	+
4	Peroxisome الجسيمات الدقيقة	+	+
5	Mitochondrion مايتوكوندريا	+	+
6	البلاستيدات الخضراء Chloroplast	+	-
7	Central vacuole فجوة مركزية	+	-
8	Ribosomes الرايبوسومات	+	+
9	Golgi apparatus جهاز كولجي	+	-
10	Cytoskeleton هيكل الخلية	+	+
11	الشبكة الاندوبلازمية المحببة	+	+
12	Lysosome اللايسوسوم	+	ليس في الغالب
13	Centrioleالجسم المركزي	+	ليس في الغالب
14	Flagellum (الاسواط) الاهداب	+	ليس في الغالب

تركيب الخلية Cell Structure

خلايا النواة الحقيقية تتألف من عضيات عدة تختلف كثيرا في وظائفها

1- جدار الخلية Cell Wall :- كيف يختلف جدار الخلية النباتية عن جدار الخلية الحيوانية ؟ في الخلية النباتية يدعى (cell wall) ، اما في الخلية الحيوانية يدعى غشاء البلازما (plasma membrane) او (plasma lemma) .

جدار الخلية النباتية يتكون من السليلوز والهيمسليلوز والبروتين ومواد بكتينية اخرى . السليلوز يشكل النسبة الاكبر من جدار الخلية وهو لا يهضم من قبل الحيوانات . وعندما تكون الخلية ناضجة ومسنة فان جدارها يصبح صلب (قاس) وغير مرن بسبب عمليات اللكننة (ترسب اللكنين) . لكل خلية نباتية جدار قياسي اولي فضلا عن خلايا معينة حصل فيها تطور اخر يدعى الجدار الثانوي للخلية (secondary cell wall) في داخل الجدار الاولي الذي يتكون من السليلوز واللكنين . الخلايا المتجاورة تمسك مع بعضها بوساطة مادة غنية بالبكتين تدعى الصفيحة الوسطى (middle lamella) .

2- النواة Nucleus :- هي الجزء الذي يصطبغ بشدة وعادة ماتكون كروية وتشكل المركز الموقع الرئيس للمادة الوراثية DNA . اذ تتركب من DNA و RNA وبروتين وماء . الـ DNA يقع على تركيبات تدعى الكروموسومات (chromosomes) . كل نوع نباتي له عدد خاص من الكروموسومات في الخلية. عدد الكروموسومات في الخلية الجنسية (الخلية الكاميتية مثل حبة اللقاح) هو نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية الجسمية .

3- الفجوات Vacuoles :- هي تجاويف تقع في الخلية تحتوي على سائل يسمى العصير الفجوي او عصارة الخلية . كما انها تخزن اصباغ ذائبة في الماء تدعى انثوسيانين (anthocyanins) التي تعطي الالوان الزرقاء والحمراء للعديد من الازهار والثمار والوان الخريف لبعض الاوراق . الفجوات كذلك تمتص الماء

لإحداث ضغط الامتلاء الضروري للتدعيم الفيزيائي للنبات ، اضافة الى ضغط الامتلاء للخلايا الحارسة الذي يسيطر على فتح وغلق الثغور التي هي مسامات في بشرة الورقة .

هل ان الجينات تتواجد حصريا في النوى الخلوية ؟

4- البلاستيدات Plastids :- هي تركيب حاوية على البروتين قادرة على تمثيل بروتينها (فهي شبه مستقلة) . النباتات التي تحوي عليها لا تخضع لقوانين مندل للتوارث تعمل البلاستيدات بشكل حركي وتوجد بأشكال مختلفة احدى اشكالها تحتوي على الكلوروفيل Chlorophyll وهي الصبغة الخضراء للأوراق الخضراء ، التي تدعى البلاستيدات الخضراء Chloroplast ، البلاستيدات هي مواقع التركيب الضوئي (photosynthesis) وتقوم بعمليات معقدة تحول فيها الطاقة الضوئية الى الغذاء. البلاستيدات لا توجد الا في النباتات فقط وهي تسبب ظاهرة تلون الاوراق (من الابيض الارجواني الى الاخضر) . بعض البلاستيدات تكون بدون لون تدعى بلاستيدات بيضاء (leucoplasts) ، واخرى تدعى بلاستيدات صبغية (chromoplasts) وتنتج صبغات مختلفة نجدها في الثمار والازهار .

البلاستيدات التي تنتج اللون الاصفر البراق والبرتقالي او اللون الاحمر تدعى كاروتينات (carotenoids) . عندما ينمو النبات في الظلام ، فان البلاستيدات تتحول الى اشكال اخرى من الخلايا تكون شاحبة (etioplasts) ، وهي الخلايا التي تسبب نمو طولي وضعيف ، ويتم تعديل هذا الضعف عند التعرض الى الضوء الطبيعي مرة اخرى .

5- المايتوكوندريا Mitochondria :- عضيات بغشاء مزدوج وهي مركز انتاج الطاقة للخلية بعملية تدعى التنفس (Respiration) . الغذاء المخلق بوساطة التركيب الضوئي يتحول الى طاقة كيميائية عن طريق التنفس . البلاستيدات

والمايتوكوندريا فيها DNA خاص بهما ، وبالتالي فهي تكون شبه مستقلة في سلوكها وتوارثها وتؤثر في الوراثة السايتوبلازمية او الوراثة الامية .

6- عضيات اخرى Other Organelles :- الخلية تحتوي على عضيات اخرى لها وظائف مختلفة ، مثل الرايبوسومات (ribosomes) ، التي هي تراكيب صغيرة تحتوي على RNA وبروتين وهي مراكز لتمثيل البروتين وتكون على الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum (شبكة من انتفاخات وانابيب) واجسام كولجي (golgi apparatus) وتتكون من حويصلات غير منتفخة التي لها وظائف افرازية . هناك كذلك مواد عضوية في الخلية تدعى Organic Substances وهي مواد ايضية (مثل الراتنجات Resins و التانينات Tanins) بعضها تكون ذات سمية للحيوانات وبعض الانواع الحشرية لذا فهي تحمي النباتات من مهاجمة الحشرات .

تجمع خلايا النبات لتكوين انواع مختلفة من الانسجة

Plant Cells Aggregate to Form Different Type of Tissues

ينتج عن تجمع خلايا عدة ما يسمى نسيج وهناك ثلاثة انواع اساسية من خلايا النبات هي حشوي (اسفنجي) Parenchyma والكولنكيمي Collenchyma والخشبي Sclerenchyma . الاختلاف بينها هو في صفات جدار الخلية وهناك نوعين من الانسجة نسيج بسيط Simple Tissue (يتألف من نوع واحد من الخلايا) ونسيج معقد (complex tissue) يتألف من خليط من انواع عدة من الخلايا .

1- الخلايا الحشوية (الاسفنجية) Parenchyma :- تتصف هذه الخلايا بجدارها الرقيق وهي تكون نسيج يوجد في الاجزاء النشطة للنمو في النبات تدعى المرستيمات (الخلايا الانشائية) Meristems هذه الخلايا تكون غير متمايزة Undifferentiated (ليس لها وظيفة واضحة خاصة لها) . الاجزاء اللحمية والعصارية للثمار والتركيبات المنتفخة تحت التربة (مثل الدرنات والجذور)

تتألف من اعداد كبيرة من هذه الانسجة البسيطة . بعض الخلايا الحشوية لها ادوار افرازية بينما اخرى (مثل النسيج اليخضوري chlorenchyma) لها ادوار تمثيلية في عملية التركيب الضوئي .

2- **الخلايا الغروية Collenchyma :-** وهي خلايا بالغة ذات جدر مرنة قابلة للتمدد وهي اطول من الخلايا البرنكيمية وقد تكون مستدقة من احد طرفيها وقد تحتوي على بلاستيدات خضراء . جدار الخلية الاول في النسيج الغروي اسمك من ذلك الموجود في خلايا النسيج الحشوي . الخلايا الغروية موجودة في اجزاء النبات مثل الاوراق والبتلات وعروق الورقة ، فنشوء الثمار التي تكون هشة وصالحة للأكل تحتوي على الخلايا الغروية وكذلك وتقوم الخلايا الغروية بتدعيم النبات لانها مغلظة الجدر .

3- **الخلايا السكلرنكيمية (الخشبية) Sclerenchyma :-** هذا النوع من الخلايا لها جدار اثخن من الخلايا المذكورة انفا ، ويكون ذلك بفضل وجود كلا جداري الخلية الاولي والثانوي . الخلايا الخشبية لها دور ميكانيكي في النبات ولها مطاطية وتوجد في المناطق التي تحتاج الى حركة ، فعلى سبيل المثال يوجد في سويقة الورقة تركيبيين اساسيين من نوعين من الخلايا الخشبية هي الخلايا القصيرة Short cell وتدعى الصلبة (sclereids) ، والخلايا الطويلة Long Cell (الالياف fibers) ، في المحاصيل الحقلية التي تزرع للألياف مثل القطن والكتان والكناف والجلجل واغلفة البذور الجافة تحوي على كميات كبيرة من هذه الانسجة.

النسيج البسيط Simple Tissue :- يتألف من نوع واحد من الخلايا .

النسيج المعقد Complex Tissue :- يتألف من توليفه من انواع الخلايا الثلاث وهي توجد في البشرة والتراكيب الافرازية والنسيج الناقل (الخشب واللحاء) في النبات .

1- البشرة Epidermis :- اغلب الطبقة الخارجية للنبات تدعى البشرة ولموقعها المميز فإنها تكون معنية بالحماية وتنظيم مرور الماء والغازات بين اجزاء النبات الداخلية ومحيطه الخارجي . كما انها تحتوي في بعض النباتات على طبقة الكيوتكل (cuticle) وتحتوي على الثغور (stomata) وظيفتها تبادل الغازات . وفي بعض الانواع النباتية تحوي البشرة على الزغب (تشبه تركيب الشعيرات) وهذه تؤدي دورا في مكافحة الآفات الحشرية لكونها عازلا بين النبات والحشرات ولاسيما عند وضع البيض على النبات .

2- النسيج الافرازي Secretary Tissue :- هناك مواقع عدة على النبات تحتوي انسجة ثانوية لها وظيفة الافراز و بعض هذه الانسجة تقع على سطح النبات بينما الاخرى تقع في داخل النبات .

الانسجة الافرازية للنباتات

أ- الانسجة الموجودة خارج النبات

1- الرحيقيات (الرحيق) Nectaries :- توجد في انواع عدة من النباتات و تقع في الازهار وتسمى رحيق الازهار فهي تفرز مادة الرحيق الذي تجذب الحشرات للتلقيح .

2- المائيات Hydrothodes :- تفرز ماء نقي هو عبارة عن قطيرات ماء وربما تتكون على طول حافة الورقة بسبب النشاطات الافرازية وتلاحظ هذه الظاهرة في فصل الشتاء وتسمى (الادماع Guttation) .

3- الغدد الملحية Salt Glands :- توجد في النباتات التي تنمو في الصحراء او المناطق الملحية .

4- العطرية Osmophores :- تفرز الاريج (الروائح) في الازهار ورائحة كريهة كخاصية للامينات Amines التي تفرز الامونيا .

5- غدد الهضم Digestive Glands :- توجد في النباتات الاكلة للحشرات مثل نبات الجرة (الابريق) Pitcher تعمل على افرازمادة سائلة تحلل الحشرة لتصبح جاهزة للامتصاص .

6- الخلايا اللزجة (اللاصقة) Adhesive Cells :- تفرز المواد التي تساعد على التلاصق بين العائل (المضيف) Host والمتطفل Parasite .

ب- الانسجة التي توجد داخل النباتات :-

1- القنوات الراتنجية Resin Ducts :- توجد بشكل شائع في الانواع الخشبية ، فهي تفرز صمغ لاصق .

2- الخلايا الهيلامية Mucilage Cells :- افرازات لزجة غروية توجد في قمة نموات الجذور ، وهي تساعد الجذور في اختراق التربة .

3- غرف الزيت Oil Chambers :- تفرز الزيوت العطرية .

4- قنوات العلكة (المضغ) Gum Ducts :- جدار الخلية ينمو وينتج المادة العلكية (الصمغية) في اشجار معينة .

5- اللبنيات Laticifers :- غدد افراز لبن الاشجار .

6- خلايا المايروسين Myrosin Cells :- تفرز انزيم يسمى مايروسين الذي عندما يمتزج مع مادة تدعى Thioglucoside ينتج زيت سام يطلق عليه اسم Isothiocyanate هذه الحالة تحدث عندما تتمزق الخلايا بوساطة الحشرات خلال عمليات الازدراد او المضغ من قبل تلك الحشرات .

3- النسيج الناقل Conducting Tissue :- النباتات الوعائية توصل المواد غير العضوية باتجاه الاعلى الى الاوراق ، ونقل نواتج التركيب الضوئي الى اسفل خلال شبكة من الانسجة الناقلة . النسيج الذي ينقل باتجاه الجزء الاعلى اذ ينقل العناصر الغذائية والماء يسمى الخشب (xylem) . والذي ينقل المواد الغذائية الممثلة من الاعلى الى الاسفل يسمى اللحاء (phloem).

- **الخشب Xylem :-** يشكل الخشب (wood) للنباتات الخشبية ويتالف من نوعين من الخلايا الناقلة هي القصيبيات Tracheids والعناصر الوعائية Vessel elements وهاتان مجتمعتين يطلق عليهما العناصر القصبية Tracheary elements . ان مرور الماء والعناصر الغذائية الى الاعلى بواسطة النسيج الخشبي الناقل يكون بواسطة فعل جهد الماء . هذا النقل يسمى النقل السلبي (Passive transportation) من قبل خلايا الخشب الفاقدة للبروتوبلازم . النوعين من الخلايا الخشبية لها ثقوب جانبية تسمى نقر (Pits) وظيفتها في الخلية لمرور سوائل الخلية .
- **اللحاء Phloem :-** وتسمى العناصر المنخلية ، التي تتألف من نوعين من الخلايا هي الخلايا المنخلية Sieve cells (خلايا برنكيمية اولية) والغشاء الانبوبي المنخلي Sieve tube membrane . خلايا اللحاء تكون حية عكس خلايا الخشب ولذلك فهي نشطة ومعنية بحركة الغذاء . نوعي الخلايا المذكورة لها خلايا مساعدة تدعى الخلايا المرافقة Companion cells في مغطاة البذور Angiosperms وخلايا زلالية Albuminous cells في عاريات البذور Gyrnosperms . هذه الخلايا تساعد في نقل السكر الجديد المتمثل في الخلايا ونقله الى اجزاء اخرى من النبات . خلايا اللحاء غير متينة وغالبا ما تستبدل باستمرار .

4- المرستيمات Meristems :- هي اماكن النمو النشط في النبات . الخلايا في هذه المواقع تنقسم بسرعة وهي كذلك تكون غير متمايزة Undifferentiated . عندما يقع المرستيم في قمة (tip) او في نهاية (apex) النبات ، يسمى المرستيم القمي Apical meristems وتلك التي تقع على محور الورقة تسمى المرستيمات الابطية او المحورية Axillary Meristems . قد تقع المرستيمات في اجزاء اخرى من النبات (مثلا قاعدي Basal وجانبي Lateral وبيني Intercalary) .

فـي بعـض الانـواع النباتيـة يمكـن ان تسـتمر فـي النمـو غيـر المحـدد (بـدون محـددات فـي الحجـم النهـائي) ، هـذا النـوع مـن النبـات يـدعى غيـر محـدود النمـو Indeterminate كما في القطن بينما في انواع نباتية معروفـة يمـوت المرسـتيم فـي بعض المراحـل (مثـل النباتـات التـي توصـف بالمحـدودة النمـو Determinate اذ يتوقف النمو حال خروج النورات الزهرية كما في الحنطة والشـعير (معظـم نباتـات ذوات الفلقة الواحدة) .

الورقة Leaf

استخدام الشـكل الخـارجي للورقـة فـي تصـنيف النبـات قـد تمـت مناقشـته فـي بدايـة هـذا الفصـل .

هناك خمسة انواع من الاوراق هي اوراق الاشجار والنباتات عموما Foliage leaves وحراشـف البـراعم Budscales والقنابـة الزهريـة Floral bracts والكاسية Sepals والفلـق cotyledons . اوراق الاشـجار والنبـات هـي الاكثـر شـيوعا مـن بـين الانواع الخمسة المذكورة .

وظيفة الاوراق Leaves Function

1- تمثيل الغذاء Food Synthesis :- يصـنع الغـذاء بوسـاطة عمليـات التركيـب الضـوئي . اوراق الاشجار والنباتات عموما تؤدي هذه الوظيفة .

2-الحمايـة Protection :- لا يـتم هـذا الـدور مـن قبـل اوراق الاشـجار والنباتـات فحسب (بل في الانواع الثلاثة الاخرى) التـي تحمـي النمـو الخضـري والبـراعم الزهرية .

3-الخزن Storage :- الفلق او اوراق البذور الجينية تخزن الغذاء ويستعمل من قبل اجنة البذور خلال عمليات الانبات والبزوغ .

التركيب الداخلي للورقة Internal Structure

يختلف التركيب الداخلي للورقة بين نباتات ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة وعموما تتكون الورقة من الخارج الى الداخل من الاعضاء الموضحة في الشكل (17.2) :-

1- الكيوتكل Cuticle :- هي طبقة من المادة الشمعية تدعى كيوتين (cutin) تحمي الورقة وتكبح عمليات فقد الماء بالتبخر من خلال البشرة .

2- البشرة Epidermis :- طبقة خلايا تتكون خارجا تحمي طبقات الورقة وهناك بشرة عليا و بشرة سفلى .

3- النسيج المتوسط Mesophyll :- طبقات من الخلايا تقع تحت البشرة وتتألف من نوعين من الخلايا :-

أ- الخلايا الحشوية العمادية Palisade parenchyma :- هي خلايا متكتلة ومرتبة على جانب قصير مقابل البشرة وهي تحوي البلاستيدات الخضراء التي تقوم بعملية التركيب الضوئي .

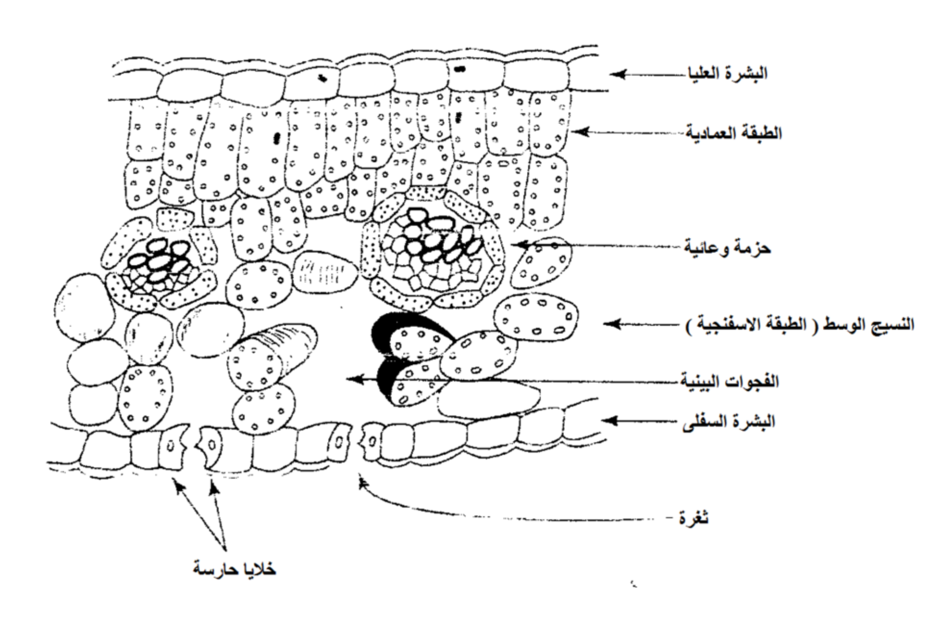
ب- الخلايا الحشوية الاسفنجية Spongy paranchyma :- تتألف من خلايا بأشكال غير منتظمة (فاقدة للترتيب) وتقع بينها المسافات البينية وكذلك تحوي على البلاستيدات الخضراء . هذه المسافات البينية تسمح بمرور الغازات خلال الورقة .

4- الحزم الوعائية Vascular bundles :- تشكل الانسجة الناقلة وتشمل الخشب واللحاء . الخشب يقوم بتوصيل الماء والعناصر الغذائية من الجذور ، بينما اللحاء

يوصل نواتج التركيب الضوئي والمواد الاخرى من الاوراق الى اجزاء النبات الاخرى .

5- **غمد الحزمة Bundle sheath :-** حلقة من الخلايا حول الحزم الوعائية للأوراق لأنواع نباتية محددة ربما تكون مهمتها هي خزن نواتج التمثيل الضوئي وكذلك وظيفتها الدعامة .

6- **الثغور Stomata :-** مسامات في طبقة البشرة تحرس كل منها خليتين خاصتين تدعى الخليتان الحارستان . غلق وفتح الخلايا الحارسة ينظم مستوى مرور CO_2 والماء بين الورقة والمحيط الخارجي .



شكل 17.2 . التركيب الداخلي لورقة نبات من ذوات الفلقتين

الاوراق المحورة :- عندما تكون الاوراق لا تشبه الاوراق الاعتيادية

Modified Leaves :- When Leaves Don't Look Like Leaves

الاوراق ربما تحور لتؤدي وظيفة اخرى غير التركيب الضوئي او تقوم بالتركيب الضوئي تحت ظروف بيئية غير اعتيادية . بعض الاوراق تتحور كما في ادناه :-

1- غدد Glands :- للإفراز

2- حسك او شوك Spines or Thorns :- للحماية

3- نسيج خزن Storage tissue :- لخزن الغذاء كما في الابصال (مثل البصل Onions)

4- تثخين سطح الورقة Thickened leaf surface :- لتقليل فقد الرطوبة تحت ظروف الجفاف .

5- كيوتكل خفيف (رقيق) وحجر الغاز Thin cuticle and gas chambers :- للبقاء على قيد الحياة تحت ظروف الغمر بالماء .

6- حوالق Tendrils :- تركيب خيطي رفيع – تراكيب تدعيم (ساندة) اضافية . مثلا الوريقات الطرفية للوريقات الثلاثية للبازلاء ربما تحور الى حوالق .

هل تستطيع ان تفكر بأجزاء اخرى من النبات مفيدة اقتصاديا كأوراق محورة ؟

الساق The Stems

الساق هو المحور المركزي للجزء الظاهر من النبات (shoot) .

وظائف الساق Stem Functions

1- توفير الدعم الميكانيكي لحمل الاغصان (الافرع) ، والاوراق والتراكيب التكاثرية (الازهار) . ومن اهميته هو تعريض الاوراق الى اكبر كمية من الضوء للقيام بعملية التركيب الضوئي .

2- يوصل الماء والعناصر الغذائية الى الاوراق ونقل الغذاء المصنع من الاوراق الى الاجزاء الاخرى من النبات هذه الوظيفة تحدث خلال النظام الوعائي للساق .

3- صالح (قابل) للاستعمال كمادة لتكاثر النبات (مثل نوع من البطاطا Yam والبطاطا الايرلندية Irish Potato) .

4- تحور بعض السيقان لخزن الغذاء وهذه تشكل قيمة اقتصادية في بعض المحاصيل (مثل قصب السكر) .

هل تستطيع ان تفكر بوظيفة اخرى للساق ؟

التركيب الداخلي للساق Internal structure

الطبقات الخارجية للساق هي البشرة والطبقة الداخلية التي تليها هي القشرة (cortex) وان ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة تختلف في التركيب الداخلي للساق ، فيما يتعلق بترتيب التراكيب الوعائية (الخشب واللحاء) الانسجة الوعائية توجد في الاسطوانة المركزية تدعى الشاهدة Stele . الشاهدة تتألف من وحدات تدعى الحزم الوعائية Vascular bundles . الحزم الوعائية مرتبة بحلقات في ذوات الفلقتين وتسمى حزم جانبية مفتوحة لوجود طبقة كامبيوم بين الخشب واللحاء ، بينما تكون حزم جانبية مغلقة لعدم وجود كامبيوم بين الخشب واللحاء في ذوات القلقة الواحدة (الشكل 18.2) . مركز الساق تقع فيه منطقة فيها خلايا حشوية تدعى النخاع (pith).

التركيب الداخلي للساق و وظيفة الاجزاء

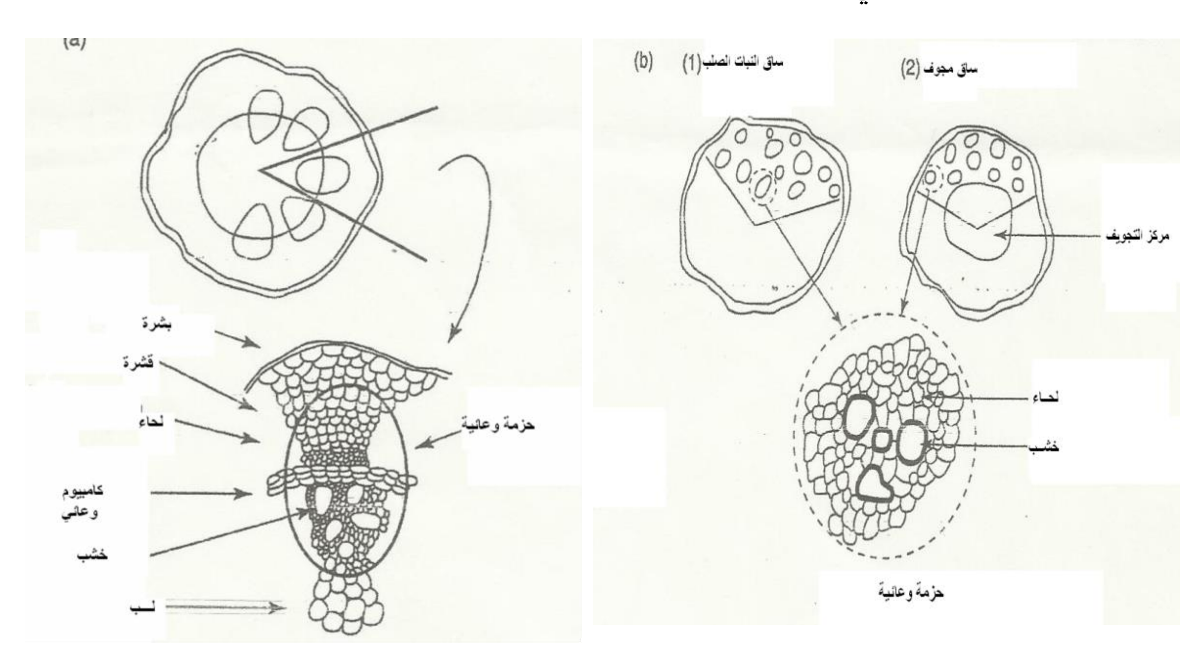
1- **البشرة Epidermis :-** خارجيا تحمي طبقات الساق وعادة ماتكون خلاياها سميكة وغالبا ما تحوي شعيرات .

2- **الاحزمة الوعائية :-** تقوم بالتوصيل بين اجزاء النبات مثل الخشب واللحاء . وقد مر ذكر وظائفها . الحزم الوعائية مستمرة بحلقة مفردة في اغلب ذوات الفلقتين . بينما تكون متقطعة خلال الانسجة الاساسية في ذوات الفلقة الواحدة .

3- **النسيج الاساسي Ground tissue :-** اغلب الانسجة البرنكيمية تقع في منطقتين في ذوات الفلقتين :-

أ- **القشرة Cortex :-** هو النسيج الاساسي الذي يقع بين البشرة وحلقة النسيج الوعائي

ب- **اللب Pith :-** نسيج اساسي يقع في مركز الساق متخصص بالخزن ولا يقوم بهذه الوظيفة في نباتات ذوات الفلقة الواحدة .



شكل 18.2 . التركيب الداخلي لـ (a) ساق ذوات فلقتين (b) ساق ذوات الفلقة الواحدة المفتاح المميز هو ترتيب الحزم الوعائية في حلقات ذوات فلقتين ، بينما تكون مبعثرة في ذوات الفلقة الواحدة ، فضلا عن الساق يمكن ان يكون صلب كما في الذرة الصفراء ، او مجوف كما في الباميا والحنطة

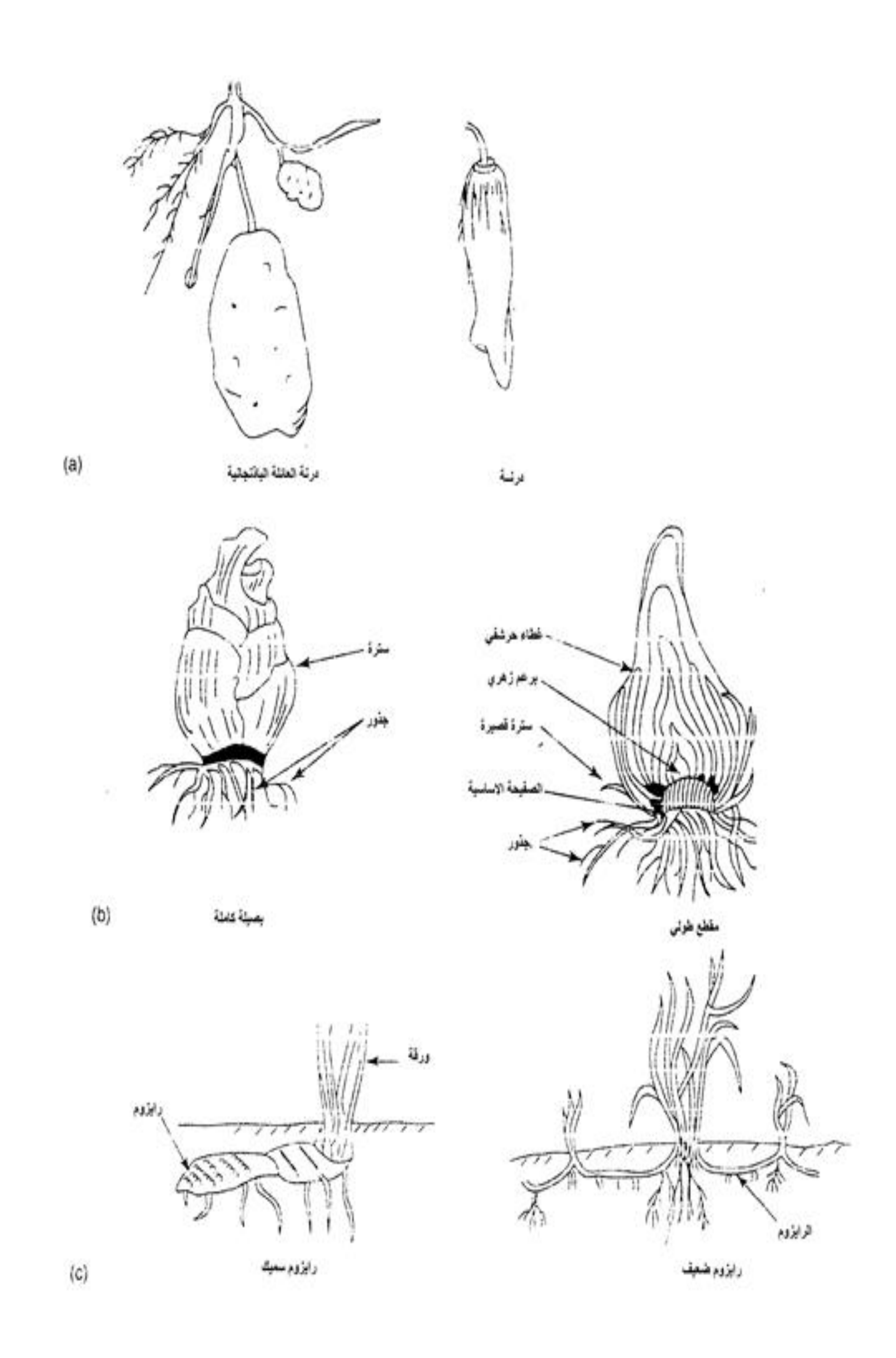
تحوير الساق :- عندما يكون الساق لا يشبه السيقان الاعتيادية

Stem Modification : When Stems Don't t Like Stems

كما في الاوراق ، يحدث تحوير الساق في بعض الاجزاء الاقتصادية من النبات . اغلب تحويرات السيقان تحدث تحت الارض . بعضها مهم في انتاج غذاء العالم . تتضمن انواعها البطاطا الايرلندية وبطاطا Yam وكلاهما يكونان سيقان منتفخة . نباتات الحشائش تكون سيقانها عمودية (عمود) Culm . وهناك نوعين من السيقان

المحـورة هــي الرايزومــات (Rhizomes) والزاحفــة (stolon). الرايزومــات ، سيقان جانبية تنمو تحت الارض (مثل الحشيش الهندي Indian grass) والزنجبيل (Ginger) الزاحفـة ، سـيقان محـورة تنمـو بشـكل افقـي علـى سـطح الارض مثـل القرعيات (شكل 2 . 19) .

هل تستطيع تسمية امثلة اخرى لأجزاء نبات اقتصادية وهي سيقان محورة ؟



شكل 19.2 تحورات السيقان بشكل بارز في قائمة المحاصيل التي تغذي العالم (a) انواع البطاطا ثم تحوير سيقانها (b) البصل ايضا سيقان محورة على شكل ابصال (c) الزنجبيل ساق محور بشكل رايزوم او عضو خزن تحت الارض .

الجذر The Root

الجذور هي اعضاء خضرية نباتية تحت الارض

وظائف الجذر Root Functions

1- هي مرتكز النبات في التربة ، تحمل السيقان والاوراق بشكل عمودي وتمنع سقوطها بفعل الرياح .
2- تمتص المغذيات والماء التي تستخدم بوساطة النبات لاستعمالها في التركيب الضوئي والوظائف الفسلجية الاخرى .
3- الجذور المحورة لها دور خزني ، كما يحصل في البطاطا الحلوة والتي هي الجزء الاقتصادي للنبات .

هناك الجذور الهوائية في انواع نباتية معينة تعطي تدعيم اضافي للنبات مثل الجذور المساعدة في الذرة الصفراء .

التركيب الداخلي للجذور Internal Structure

هناك نوعين من الجذور الاساسية Seminal (وهي التي تخرج من البذور) والجذور العرضية Adventitious (تخرج من اجزاء اخرى من النبات مثل الساق) .

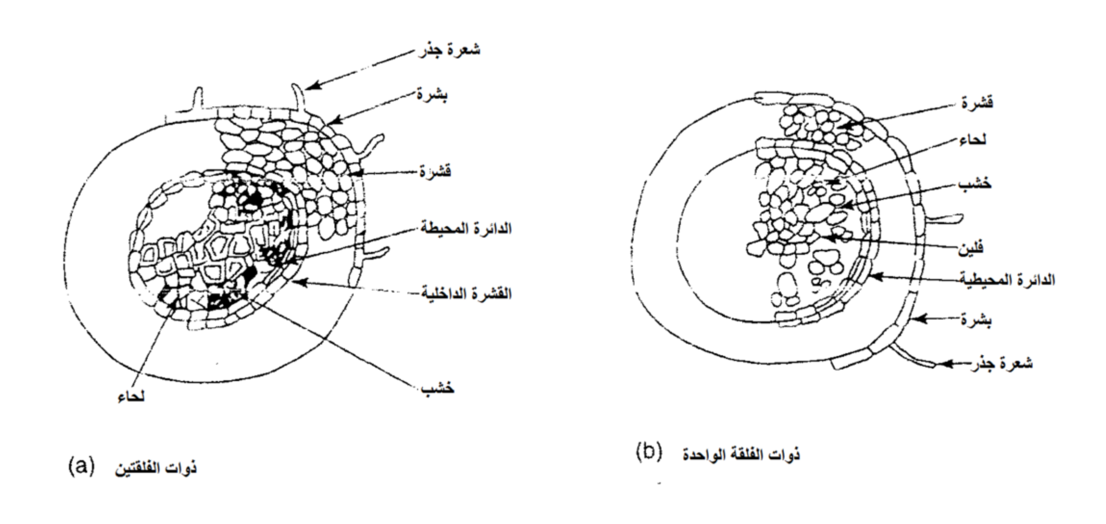
البذور النابتة تعطي جذور فتية تدعى الجذير (radicl) ، وهي تنمو وتصبح الجذور الاولية (primary root) ، ثم الثانوية (secondary root) او جذور جانبية (lateral root) . قمم الجذور يتم حمايتها بواسطة قلنسوة الجذور(root cap) .

الشعيرات الجذرية ، هي جذور رقيقة والتي هي عبارة عن امتدادات لخلايا بشرة الجذر وتخدم النظام الجذري بامتصاص الماء والعناصر المعدنية من التربة .

القسم الناقل من الجذور يظهر في التركيب مشابه لتلك الموجودة في الساق (الشكل 20.2) . هناك نظامين اساسيين من الانظمة الجذرية هي جذر وتدي (tap root) ، وجذر ليفي (fibrous root) كما في (الشكل 21.2) .

1- نظام الجذور الوتدية Tap Root system :- في هذا النظام هناك جذر اولي يتألف من محور مركزي كبير وعدة جذور جانبية . الجذر الرئيسي عادة يكون عميق الاختراق ونجده في ذوات الفلقتين والاشجار احيانا تكون منتفخة (swollen) او لحمية (fleshy) كما في الجزر carrot والبنجر السكري Sugar beet .

2- نظام الجذور الليفية Fibrous Root System :- يوجد في عائلة الحشائش هذه الجذور تفتقد المحور المركزي السائد وهي ضحلة الاختراق . الجذور الليفية تتشعب اكثر في التربة لذلك يستعمل في الحد من التعرية في تطبيقات الزراعة الحافظة (conservation practies).

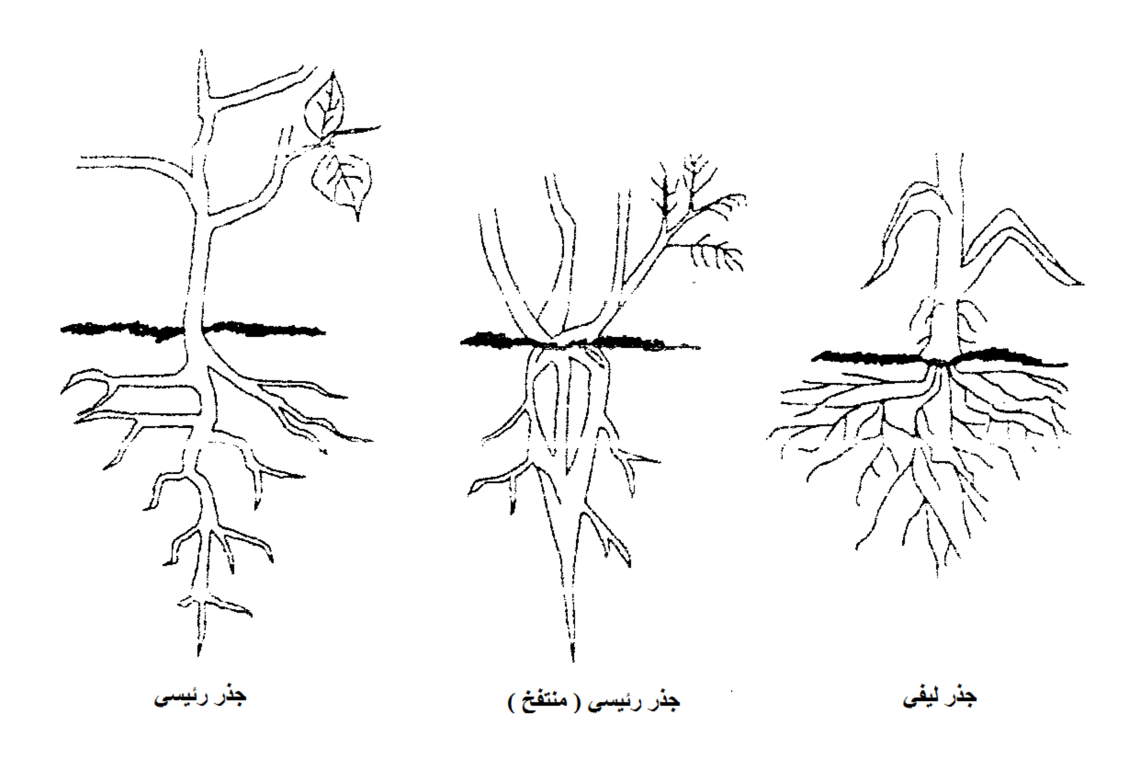


شكل 20.2 : التركيب الداخلي للجذور (a) جذور ذوات الفلقتين (b) جذور ذوات الفلقة الواحدة

تحويرات الجذور Root Modification

لماذا البطاطا الحلوة sweet potato هي جذور بينما البطاطا الايرلندية Irish potato هي سيقان . في حين ان كلاهما يتكون تحت التربة ؟

هل كل الجذور تنمو تحت الارض ؟ لقد ذكرنا سابقا ، ليس دائما تأتي الجذور من البذور ، ولكن يمكن ان تتطور من اجزاء اخرى من النبات ، فالجذور الحقيقية يمكن ان تتطور لتصبح منتفخة Swollen مثل البطاطا الحلوة والتي تخزن الماء والغذاء . بعض الجذور تعطي تدعيم اضافي لساق النبات وذلك بتحورها ومسكها للنبات كما في الجذور الهوائية في الذرة الصفراء .



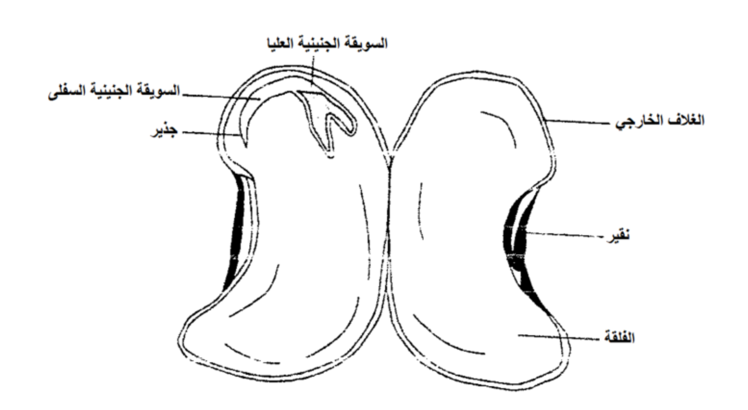
شكل 21.2 . النظم الجذرية . ذوات الفلقتين لها جذر رئيسي حيث ان المحور الرئيسي يكون منتفخ اولا . ذوات الفلقة الواحدة لها جذر ليفي ولها محاور مركزية مختلفة

البذور The Seed

البذور هي وحدة التكاثر للأنواع الزهرية ، وهي الجزء الاقتصادي للمحاصيل الحبوبية ، البذور تحوي نبات مصغر يدعى الجنين (embryo) بذور ذوات الفلقتين تختلف تركيبيا عن بذور ذوات الفلقة الواحدة .

بذور ذوات الفلقتين Dicot Seed

تسمى بذلك لكونها تملك فلقتين Dicotyledons او اوراق البذور ، تحتوي في تراكيبها على الغذاء المخزون للبذرة . الغطاء الخارجي يدعى القصرة Testa (الشكل 22.2) . البقوليات لها هذا النوع من البذور .



الشكل 22.2. تركيب بذرة ذوات الفلقتين ، بذرة ذوات الفلقتين يمكن ان تقسم الى نصفين كاشفة الجنين الرقيق

اجزاء و وظائف بذور البقوليات

1- التلاحم Raphe :- بوجود الثنية في البذور والتي تتكون بوساطة سويقة البويضة .

2- السرة Hilum :- موجود كندبة ، وهي منطقة اتصال البذرة بالقرنة ، ومن خلالها تتم تغذية البذور من النبات خلال عمليات التطور . في انواع مثل فول الصويا ، تستخدم السرة كوسيلة لتمييز البذور لكونه بالوان مختلفة .

3- **الفويهه (النقير) (فتحة صغيرة جدا) Micropile :-** فتحة واضحة ، نقطة الدخول الى البويضة لغرض الاخصاب .

4- **منطقة الجنين Embryo area :-** هذه المنطقة تقع في الجانب المقابل لمنطقة التلاحم والتي تقع فيها منطقة محور الجنين .

5- **القصرة (غلاف البذرة) Testa :-** غلاف البذرة في بذور البقوليات وظيفتها الحماية .

6- **السويقة الجنينية السفلى Hypocotyl :-** هي الجزء من نسيج الساق يقع بين السويقة الجنينية العليا والجذير . استطالة هذه التراكيب بسبب الانبات او البزوغ الارضي (فوق الارض) .

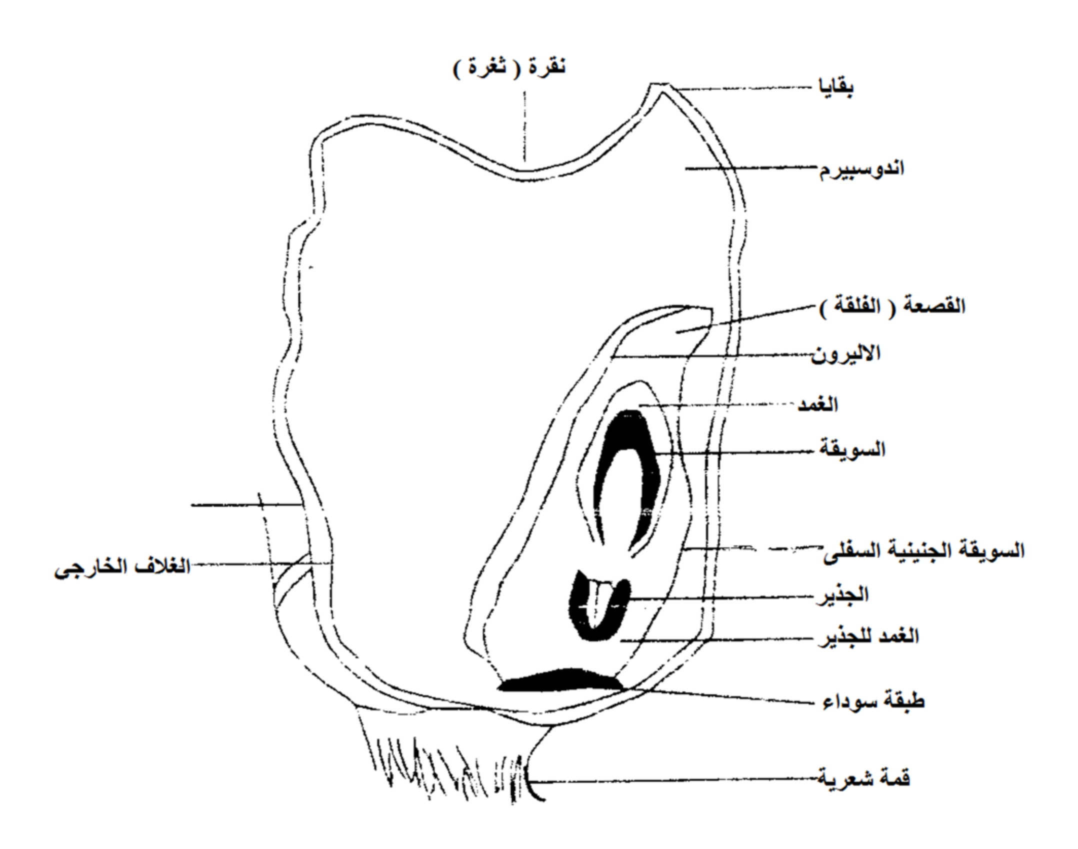
7- **السويقة الجنينية العليا Epicotyl :-** الجزء العلوي من محور الجنين او البادرة يقع فوق الفلقة و دون الاوراق الحقيقية الاولى .

8- **الجذير Radicle :-** الجزء من محور الجنين والذي يصبح الجذر الاولي وهو الجزء الاول من الجنين الذي يبدأ النمو خلال الانبات .

9- **الفلق Cotyledons :-** زوج من اوراق البذرة ، والتي تحتوي الغذاء المخزون الذي يستخدم من قبل الجنين والبادرة في المرحلة المبكرة من النمو .

بذور ذوات الفلقة الواحدة Monocot Seed

الحشائش تعود الى هذا النوع من البذور . ذوات الفلقة الواحدة لها فلقة واحدة وتسمى ايضا القصعة Scutellum (الشكل 23.2) . النسيج الخازن يدعى السويداء (السويداء endosperm) بذور الحبوبيات او الحبة (kernel or seed) تدعى برة Caryopsis . غلاف البذرة Pericarp او Cover .



شكل 23.2. تركيب بذرة ذوات الفلقة الواحدة بذرة ذرة صفراء او (بره) وبذور ذوات الفلقة الواحدة الاخرى لا يمكن شقها طبيعيا الى نصفين

الفصل الثالث

الطقس والمناخ

CLIMATE AND WEATHER

يقوم منتجوا المحاصيل الحقلية عادة بإنتاج المحاصيل والمتكيفة لمناطق إنتاج معينة ، فالمناخ يحدد تكيف المحصول وتطبعه فالأصناف غير المتكيفة تنمو وتستجيب ببطء .

يتعرض إنتاج المحاصيل إلى تغايرات قصيرة الأمد في عوامل المناخ . إن التذبذب في إنتاج المحاصيل يعزى إلى تقلبات الطقس فحال اختيار أي صنف متكيف من قبل أي منتج فان صراعا سيبدأ مع الطقس المحلي السائد في منطقة زراعة ذلك الصنف وحتى إن هناك أنماطا من الطقس من الصعوبة بمكان إن يتم التنبؤ بها من قبل العاملين في مجال الأرصاد الجوية بالدقة المطلوبة فحينما تحدث مفاجئة باحوال جوية غير متوقعة فان إنتاجية المحصول تتعرض للخطر .

إن المناخ والطقس عاملان حرجان في إنتاجية المحاصيل إذ إنهما يقعان خارج سيطرة المنتج لذلك فان أنماطا من الطقس والمناخ تحدث أحيانا لتحدث بشكل مفاجئ وبشدة أعلى تتغلب على سيطرة المنتج مسببة خسارة المحصول . لذا يجب إن نتعلم استراتيجيات يمكن إن تستغل لتقليل التأثيرات العكسية لتلك العوامل على الإنتاج ولأقل حد ممكن .

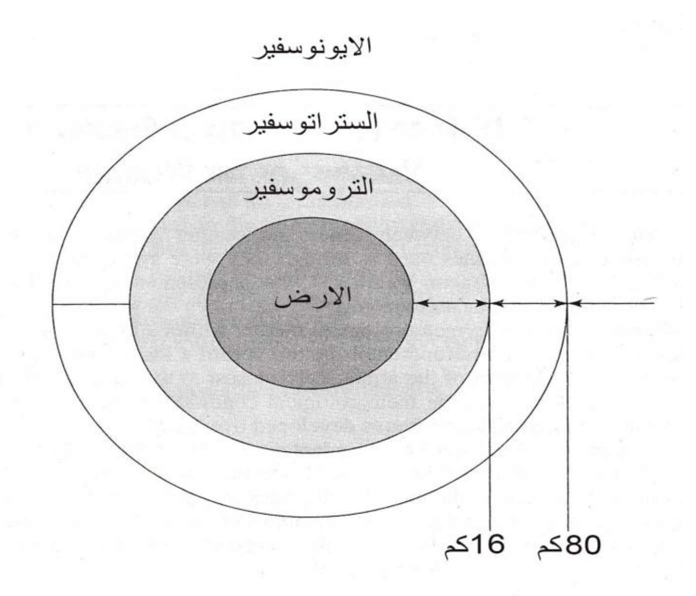
يعد التركيب الضوئي العملية التي تنفرد بأهميتها لأنها الأكثر تاثيرا في إنتاجية المحصول وتعتمد هذه العملية على الإشعاع (الضوء) ودرجة الحرارة وثاني اوكسيد الكاربون وهذه العوامل لا تشتمل على عامل المطر لان تلك مستمرة في تأثيراتها بينما المطر منقطع . هذه العوامل تختلف في شدتها يوميا وموسميا وعند دراسة فصل المناخ والطقس فان اهتمامنا سينصب حول تداخل العوامل المناخية (الهواء ، الماء ، الإشعاع

و الحـرارة) لتـؤثر فـي تطـور المحصـول ووظائفـه كـذلك ملاحظـة الاسـتراتيجيات الزراعيـة التـي علـى منـتج المحاصـيل اسـتغلالها لاسـتثمار عوامـل النمـو تلـك لزيـادة إنتاجية المحصول .

غلاف الغازات حول الأرض يؤثر في إنتاج المحاصيل

The Envelope of Gases Round the Earth Impacts Crop Production

ما هو جزء الغلاف الجوي الذي يؤثر في إنتاج المحاصيل ؟ طبقات الغازات تسـمى الغـلاف الجـوي (atmosphere) التـي تغلـف الأرض . هنـاك ثـلاث طبقـات للغلاف الجوي وهي الطبقة الأقرب والتي تغلف الأرض ذات الأهمية الأكبر لإنتاج المحاصيل وتسمى التروبوسفير (troposphere) كما في الشكل (1.3) .



شـكل1.3. مقطـع الغـلاف الجـوي فـالقوى الفاعلـة فـي التروبوسـفير تكـون كبيـرة ومسؤولة عن حدوث التغيرات في الطقس والتي تؤثر في إنتاج المحاصيل وطبقة الستراتوسفير مسؤولة عن ترشيح الأشعة الشمسية ومنع الأشعة المدمرة للحياة من الوصول إلى سطح الأرض ، إما طبقة الايونوسفير فتأثيرها غير مباشر في إنتاج المحاصيل من خلال تطبيقات تقنية الموجات الراديوية التي تستعمل في الإنتاج .

إن القوى ضمن تلك الطبقة ربما تصل إلى 16 كم (10 ميل) في ارتفاعها وفي هذه الطبقة تتحدد تذبذبات الطقس والمناخ . طبقة الستراتوسفير (stratosphere) التي يصل ارتفاعها إلى حوالي 80 كم (50 ميل) فوق الأرض وهي مهمة للحياة فوق الأرض بسبب مقدرتها على ترشيح الأشعة الشمسية وخاصة الأشعة فوق البنفسجية المؤذية للكائنات الحية . طبقة الأوزون موجودة كذلك في الستراتوسفير إما طبقة الايونوسفير (ionosphere) فهي أخر طبقة من الغلاف الجوي يصل ارتفاعها حوالي 800 كم (500 ميل) في أجزاء معينة منها وهي الطبقة الأكثر دفئا من غلاف الأرض وليس لها تأثير مباشر في إنتاج المحاصيل الحقلية ويتم فيها نقل الموجات الراديوية . حديثا ، تقنية الأقمار الصناعية (satellite) تؤدي دورا جوهريا في إنتاج المحاصيل إذ توظف هذه التقنية في طرائق الإنتاج مثل عمليات الضبط والدقة الحقلية .

إن التذبذب الذي يحصل في العوامل المناخية في طبقة الستراتوسفير ينجم عن التغيرات في ضغط الهواء والكتل الهوائية وهذان العاملان يؤثران في درجة الحرارة والرياح والرطوبة النسبية والغيوم ونمط التساقط . في منطقة معينة وضمن وقت محدد يسود نظامي الضغط في منطقة ما تتبعه ظروف تختلف عن النظام الثاني ، فنظام الضغط العالي (high – pressure system) يؤدي إلى سحب سفلي (هبوط الهواء) يرافق هذا النظام قلة درجات الحرارة وبخار الماء ونظام الضغط الواطئ (low – Pressure system) يوصف بأنه غائم أكثر تساقط وسحب علوي (ارتفاع الهواء) . ترتفع درجة حرارة الهواء كلما قل بخار الماء . ترتفع برودة الهواء بمقدار 1م^{0} لكل 100 متر وان العكس هو الصحيح لتكثيف الهواء .

عناصر الطقس Weather Elements

عندما نريد إن نصف حالة الطقس في مكان ووقت معينين لابد من اخذ العناصر الاتية بنظر الاعتبار :-

1- الإشعاع الشمسي Solar Radiation .

2- حرارة الهواء Air Temperature .

3- الضغط الجوي Atmosphere Pressure .

4- حركة الرياح Wind Movement .

5- الرطوبة النسبية Relative Humidity .

6- التساقط Precipitation

7- الغيوم Clouds .

الإشعاع الشمسي Solar Radiation

من الناحية الفعلية فان الشمس هي المصدر الرئيس لإمداد الأرض بالطاقة (99%) وان طاقة الشمس هي أساس لكل الفعاليات الطبيعية التي تحدث في طبقة الغلاف الجوي فضلا عن الطاقة تلك هي التي تحفز عملية التركيب الضوئي والتبخر وتسخين الهواء والتربة وغالبا مايكون هناك كمية ثابتة من الإشعاع الشمسي (1.94 سعره / سم^2 / دقيقة) تصدر باستمرار عن الشمس التي تسمى بالثابت الشمسي (solar constant) الذي يعرف على انه الطاقة الساقطة خلال دقيقة واحدة على سطح مساحته سم^2 واحد في الحدود الخارجية لطبقة الغلاف الجوي (atmosphere) . إن إشعاع الشمس يأتي خلال الفضاء وبدون أي تغيرات أو فقدان إلا انه عندما يدخل طبقة الغلاف الجوي فان تغيرات يتعرض لها الإشعاع فضلا عن فقدان يحصل فيه قبل وصوله إلى سطح الأرض وان تلك التغيرات والفقد هو نتيجة الامتصاص من قبل طبقة الغلاف الجوي والانعكاس والغيوم والتشتت نتيجة اصطدامه بالدقائق العالقة . يتم استلام ضوء الشمس بهيئة موجات كهرومغناطيسية التي تتضمن سيلا أو تيارا من الدقائق تسمى تلك الدقائق بالكوانتم أو الفوتون .

أشكال الإشعاع الشمسي Form of Solar Radiation

الإشعاع الشمسي المباشر هو ذلك الإشعاع من الشمس الذي يتم استغلاله من قبل سطح اعتيادي من أصل الإشعاع الساقط . الإشعاع الشمسي الذي يتشتت يسمى الإشعاع المنتشر (diffused radiation)أوالإشعاع السماوي(sky radiation) تعتمد كمية الإشعاع المنتشر على خط العرض والموسم ووجود الغيوم أو عدمها ففي خطوط العرض العليا فان الإشعاع الشمسي المنتشر يعد مصدر مهم جدا للإشعاع الشمسي في فصل الشتاء . تسبب الغيوم كذلك زيادة في نسبة الإشعاع المتشتت نسبة إلى الضوء المباشر . قبل شروق الشمس وغروبها فان كل الطاقة المستلمة هي من الإشعاع المنتشر أو الإشعاع السماوي . الإشعاع المنتشر ينفذ من خلال الخيمة النباتية بكفاءة اكبر من الإشعاع المباشر . إن التوزيع الطيفي للإشعاع المباشر والمنتشر يكون مختلفا (جدول 1.3) ، ففي الإشعاع المنتشر حوالي 65% منه يكون فعالا في عملية التركيب الضوئي والذي يسمى Photosynthetically Active Radiation (PAR) . مقارنة مع 42% من الإشعاع المباشر .

جدول 1.3. الخصائص الطيفية لأشكال الإشعاع الشمسي

نوع الإشعاع	الأشعة فوق البنفسجية	الأشعة الفعالة في التركيب الضوئي PAR	القريبة في الأشعة تحت الحمراء
الإشعاع المباشر	0.2	0.42	0.56
الإشعاع المنتشر	0.10	0.65	0.25
الإشعاع الشامل للكرة الأرضية	0.03	0.50	0.47

الإشعاع الشمسي هو المجموع الكلي لكلا الاشعاعين المباشر والمنتشر القادمين من الشمس مباشرة والمستلمين على سطح أفقي أو من الأشعة السماوية التي هي الأشعة المنتشرة أو المبعثرة . الإشعاع الشمسي المنعكس وبدون أي تغيرات في كميته يسمى الإشعاع الشمسي المنعكس(reflected solar radiation) أو البيدو

(albedo) . تعد الغيوم عاكس مؤثر جدا للإشعاع ولاسيما عندما تكون ملبدة . المسطحات المائية والبحار تعد عواكس ضعيفة للإشعاع لذا فهي تشكل مصبا(sink) جيدا لخزن الطاقة الشمسية . الصخور والرمال والتربة والكساء الخضري تعكس من 10 – 30 % من الأشعة الساقطة وتعد الأشعة المنعكسة ذات أهمية كبيرة في دراسات التحسس النائي .

الإشعاع الحراري الذي ينبعث من قبل الأرض يسمى الإشعاع الأرضي (terrestrial radiation) وفي الواقع فان الأرض تمتص الإشعاع الشمسي ضمن مدى الموجات الطويلة . الأشعة الأرضية تؤدي إلى رفع درجة حرارة الغلاف الجوي. إن التوازن الإشعاعي بين الاشعاع الشمسي الممتص والمنعكس يسمى صافي الإشعاع (net radiation) .

قياسات الإشعاع Radiation Measurements

الوحدات Units

في نظام الوحدات العالمي (SI) فان الإشعاع الشمسي يعبر عنه بالواط / م^2 الوحدة المترية (CGS) هي الأكثر استعمالا في علم الأرصاد الجوية قبل تبني استعمال وحدات النظام العالمي التي هي عبارة عن عدد السعرات لكل سم^2 في الدقيقة. إن طاقة واط واحد تكافئ جول واحد في الثانية .

واط واحد = جول واحد / ثانية

سعرة / سم^2 / دقيقة = 697.93 واط / م^2

3.47 ميكاجول = 10.000 لوكس

الأشعة الفعالة للتركيب الضوئي Photosynthetically Active Radiation (PAR) تقاس بوحدات الاينشتاين (einstein units) والتي يرمز لها (Ei) وهي

تكافئ مول واحد من الفوتونات ويعد اللوكس الوحدة الأقدم استعمالا في قياس شدة الإشعاع الشمسي .

الوسائل Instruments

إن الوسائل المستعملة في قياس الأشعة الكلية المتاتية من الشمس تسمى (pyranometer) وهناك أنواع مختلفة من البايرانومترات والمصنعة بمختلف الثوابت فالبايرانوميتر من نوع (eppley) هو عبارة عن عمود حراري (thermopile) يشبه البطارية ذا قطع سوداء بهيئة حزم ، إذ تقوم الحزم السوداء بامتصاص الإشعاع بينما تعكسه الحزم البيضاء مما ينتج عن ذلك تدرج حراري حاد بين الأجزاء السوداء والبيضاء الذي يتم تحسسه بواسطة العمود الحراري . إن مخرجات العمود الحراري تكون ذا علاقة خطية مع الإشعاع الشمسي .

إما بارانوميتر من نوع (ballani) فيتضمن أنابيب زجاجية ضيقة وطويلة ذات تدريجات في النهاية العليا للأنبوب الزجاجي تلامس زجاجه كروية مغطاة من الخارج بمعدن وتحوي بداخلها على كحول وتكون الزجاجة الكروية محاطة بقبة زجاجية التي تسمح فقط لموجات الإشعاع القصيرة ، فعندما يسقط الإشعاع على المعدن الذي يغطي الزجاجة الكروية فانه يعمل على امتصاصه ويسخن تبعا لذلك . الكحول الموجود في الكرة الزجاجية سيتبخر وينتقل إلى الأنبوبة الضيقة ويتكثف فيها لذا فان الكحول المتجمع في الأنبوبة الضيقة سيعطي مؤشرا عن كمية الإشعاع الشمسي.

هناك عدد كبير من البايرانوميترات الكهربائية الا ان اكثرها شيوعا هما البايرانوميتر الفائق الدقة (precision pyranometer) وبايرانوميتر ليكور (licor pyranometer) ان البارانوميتر الفائق الدقة يلامس طبلة دوارة مع ورقة فوتوغرافية اذ يقوم بتسجيل الاشعاع الشمسي باستمرار وان كمية الاشعاع يمكن

حسـابها مـن الورقـة الفوتوغرافيـة . امـا بـايرانوميتر ليكـور فهـو يلامـس مكملـة (integrator) ويتم قراءة الاشعاع الشمسي مباشرة .

ولقيـاس اشـكال مختلفـة مـن الاشـعاع الشمسـي كالمنتشـر والمـنعكس فـان البايرانوميترات تستعمل كذلك مع تحويرات قليلة فالاشعاع المنتشر يمكن قياسه من خـلال تظليـل البـايرانوميتر لتجنـب الاشـعاع الشمسـي المباشـر . الاشـعاع الشمسـي المنعكس من اسطح نباتـات المحاصيل يمكن قياسـه بتعريض متحسس البـارانوميتر باتجاه المحصول او الارض . البارانوميتر الذي يستعمل لقياس الاشعة المنعكسة يسمى (albedometer) . الاشـعاع المباشـر يمكـن تقـديره مـن خـلال الفـرق بـين الاشـعاع الشمسـي الكلـي و الاشـعاع الشمسـي المنتشـر . صـافي الاشـعاع يقـاس بوسـاطة الشـبكة الراديويـة التـي يكـون لهـا بـارانوميتران . ان تعـرض المتحسسـات تكـون لـلأرض والسماء، فالمتحسس المعرض باتجاه الارض يقيس الاشعاع الارضـي او المنبعث من الارض اما المتحسس المعرض باتجاه السماء فانـه يقيس الاشـعاع المتـاتي من الغلاف الجـوي باتجـاه الارض وهـذه البـايرانوميترات لا تشـبه البـايرانوميترات الاخـرى فهـي تمتص الاشعاع في كل الاطوال الموجية .

الاشعة الفعالة في التركيب الضوئي (PAR) تقاس بمتحسسـات الكـوانتم وهذه الوسائل غالبا ماتكون ذات فائدة لانها تقيس جزء الاشعاع الشمسـي الـذي ينتفع منـه فـي عمليـة التركيـب الضـوئي . انبوبـة قيـاس الاشـعة تحـوي عـدد مـن متحسسـات الكـوانتم المثبتة بمسافات منتظمة على الانبوبة وهذه تفيد في تقـدير الاشـعة التـي تسـتقبلها الخيمـة النباتيـة ذا الاثـر الفعـال فـي عمليـة التركيـب الضـوئي . الاشـعاع الفعـال فـي التركيـب الضوئي والمستلم فوق سطح المحصول يقاس بمتحسس الكوانتم . انبوبة قياس الاشـعاع الشمسـي يـتم الاحتفـاظ بهـا قـرب سـطح الارض اذ تقـيس الاشـعة الفعالـة فـي التركيـب الضـوئي والتـي تصـل الـى الارض بعد نفاذهـا خـلال الخيمـة النباتيـة (الاشـعاع غيـر المعترض) وهكذا فـان الفرق بين الاشـعة الفعالـة فـي التركيـب الضـوئي المستلمة مـن

الشمس والمقاسة فوق الخيمة النباتية مباشرة والاشعة الفعالة للتركيب الضوئي والنافذة خلال الخيمة النبايتة (غير معترضة في اي من طبقات الخيمة النباتية) والمقاسة عند سطح التربة ذلك يعطي قياسا للاشعة الفعالة للتركيب الضوئي المعترضة من قبل الخيمة النباتية للمحصول .

مقياس الاشعاع الشمسي (pyrheliometer) هو وسيلة تستعمل لقياس الاشعاع الشمسي المباشر . مدرج المتحسسات للشمس التي عادة مايتم وضعها في الزوايا اليمنى للشمس بهيئة ساعات شروق الشمس في بلدان عدة .

مسجل شروق الشمس (cambell stokes) يستعمل هو الاخر في تسجيل ملاحظات الارصاد الجوية في بعض البلدان كما ان مسجل شروق الشمس الكيميائي (photochemical) يستعمل في الولايات المتحدة .

هناك مسجل لشروق الشمس (مدة الشروق) يستعمل في بلدان عدة من العالم والذي يحوي كرة زجاجية مجسمة والتي تعمل في تجميع الاشعة وتركيزها لتسقط على ورقة خاصة وسيؤدي سقوط الاشعاع المركز على الورقة مسببا احتراق الورقة على طور مسار الاشعة فوق الورقة وان هذه الاشعة المركزة التي سببت احتراق الورقة انما تمثل الاشعة الشمسية التي عبرت الفضاء ووصلت الارض وان طول مسار خط احتراق الورقة انما يعبر عن مدة سطوع الشمس وعلى اية حال شدة الاشعاع لايمكن الحصول عليها من خلال تلك الوسائل والادوات ولكن يمكن تقديرها

مقياس الاشعة الطيفية (spectroradiometer) يقيس الاشعاع الشمسي في حزم الموجات الضيقة . قياس الاشعاعية الطيفية تم تطويره من قبل منظمة الفضاء الهندية في بنكالور والذي يقيس الاشعاع في حزمة طولها 20 نانوميتر وعرضها من 400 الى 1010 بيكو ميتر (picometer) بمدى طول موجي . هذه الوسيلة يمكن استعمالها في تفسير بيانات المتحسسات - عن بعد . المقاييس الحرارية للاشعة تحت الحمراء تتحسس الاشعاع بمديات من 8 – 14 بيكوميتر للحزمة الموجية (منطقة تحت

الحمراء) وهي تقيس حرارة سطح النبات دون ملامسته . درجة حرارة الخيمة النباتية يمكن قياسها عن بعد ويمكن استعمالها كذلك لتقدير الحالة المائية للنبات وبالتالي اعادة جدولة الري بناءا على ذلك .

الحرارة Temperature

تعرف الحرارة على انها درجة سخونة المادة او برودتها التي يحددها مدى نشاط جزيئات تلك المادة وتقاس الحرارة بوساطة مقاييس الحرارة (محارير thermometers) .

عمليات نقل الحرارة Process of Heat Transfer

الحرارة يمكن ان تسري بين المواد او ضمن اجزاء المادة ذاتها بثلاث عمليات اساسية تعرف بالتوصيل (conduction) والحمل (convection) والاشعاع (radiation) .

التوصيل هو عملية نقل الحرارة بوساطة النشاط الجزيئي وكما لو ان الجزيئة الاولى سخنت فان طاقتها تزداد وبسرعة وتنتقل تلك الطاقة الى الجزئية المجاورة وهكذا .

الحمل هو العملية التي تنتقل بها الحرارة ضمن السوائل والغازات والناتجة عن حركة الموائع ويعد الحمل اكثر سرعة من التوصيل .

الاشعاع نقل الطاقة بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية والمتحركة بسرعة الضوء وليس كمثل التوصيل و الحمل ، فالاشعاع لايحتاج الى وسط للانتقال .انتقال الطاقة بوساطة الاشعاع يحدث عبر طيف عريض من اطوال الموجات التي تمتد من موجات قصيرة جدا (اشعة اكس) الى موجات طويلة جدا .

درجة حرارة الهواء Air Temperature

يعد الاشعاع الشمسي المصدر الرئيسي لدرجة حرارة الهواء . الاشعاع الشمسي الذي يتم استلامه في الحدود الخارجية للغلاف الجوي يكون تقريبا ثابت من جهة اخرى فان كمية الاشعاع التي تصل الى سطح الارض تكون متغيرة بدرجة كبيرة ويعتمد ذلك على كمية الغيوم في الغلاف الجوي . بعض من الاشعاع الجوي ينعكس الى الوراء من قمة الغيوم ويتم فقدانه الى الفضاء وبغياب الغيوم فان اغلب الاشعاع الشمسي يتشتت في الغلاف الجوي بوساطة جزيئات الغازات والدقائق الصلبة . بعض من ذلك الاشعاع الشمسي يفقد الى الفضاء . في حالة عدم وجود غيوم في الغلاف الجوي فان معدل امتصاص الشمس من قبل سطح الارض حوالي 43 % ومن قبل الغلاف الجوي 22% وحوالي 35% ينعكس راجعا .

ان الاشعاع الشمسي المنعكس لا تتغير خصائصه اذ ان الاشعة الشمسية التي يتم امتصاصها سواء اكانت من الغلاف الجوي او من الارض فانها تتحول الى طاقة حرارية مؤدية الى زيادة سخونة المواد والاجسام التي تمتص تلك الطاقة والتي يتم اعادة اشعاعها على انها موجات طويلة .

تسخين الغلاف الجوي Heating of Atmosphere

يعد الاشعاع الشمسي المصدر الرئيس للطاقة الحرارية الذي من خلاله تزداد سخونة الغلاف الجوي بشكل غير مباشر وهناك يحصل اقل من 10% فقدان في الحرارة والذي ينجم عن التسخين المباشر للغلاف الجوي بوساطة بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي الذي يمتصه الاشعاع الشمسي .

حينما يسقط الاشعاع الشمسي على سطح الارض باشعاع قصير الموجة فان الارض ستمتص الاشعاع فتزداد سخونتها . ان تلك الطاقة الحرارية ستنتقل الى الهواء

الذي فوقها بوساطة ثلاث عمليات رئيسية هي الحمل والتوصيل والاشعاع وان طبقة الهواء التي تكون في حالة تماس مباشر مع سطح الارض ستسخن اولا بوساطة عملية التوصيل وطبقة الهواء التي تليها ستسخن بواسطة عملية الحمل . الهواء الساخن سيزداد حجمه ويصبح اخف وزنا لذا فانه يتحرك الى الاعلى وهكذا ترتفع درجات الحرارة في الطبقات العليا . هناك اسباب لاقصى درجة حرارة يصلها بعد الساعة الثانية بعد الظهر لذا فان الاشعاع يكون اكثر بحوالي الساعة الثانية عشر ظهرا . درجات الحرارة المنخفضة في مناطق خطوط العرض الاعلى هي الاخرى ناجمة عن التسخين غير المباشر لطبقة الغلاف الجوي .

الدوران اليومي والتغايرات الموسمية

Diurnal and Seasonal Variation

من الشائع معرفته ان درجة حرارة النهار اعلى من درجة حرارة الليل . ان الاختلافات في درجة الحرارة بين الليل والنهار تسمى التغاير اليومي في درجة الحرارة . التغاير اليومي يكون اقل في المناطق الساحلية بينما يكون واضح وجدير بالاعتبار في المناطق الداخلية البعيدة عن المسطحات المائية (inlands) ومن المعروف عنها ان تغايرا شديدا يحصل في درجات حرارتها الموسمية اي تغيير الموسم . درجات الحرارة المرتفعة تسود خلال الصيف والمنخفضة خلال الشتاء . التغايرات في درجات الحرارة الموسمية تكون اقل مايمكن قرب خط الاستواء وتزداد عند خطوط العرض الاعلى (اي كلما ابتعدنا عن خط الاستواء)

التغايرات الافقية والعمودية

Horizontal and Vertical Variations

تنخفض درجة الحرارة من خط الاستواء باتجاه القطب وهو التاثير الطبيعي لخط الاستواء على درجة الحرارة وهذا ناجم من سقوط اشعة الشمس في وضع مائل نتيجة انحناء موقع الارض الذي تسقط عليه الاشعة . لوصف التغايرات الافقية في درجات الحرارة اذ غالبا ما تستعمل اشباه الحراريات المعروفة التي هي عبارة عن خطوط تتصل بنقاط من مكافئ لدرجة الحرارة . ان التغايرات الافقية في درجات الحرارة من الصيف الى الشتاء تكون اكثر فوق كتل اليابسة الكبيرة فعلى سبيل المثال قارة اسيا تصبح دافئة جدا في الصيف وباردة جدا في الشتاء . التغايرات العمودية في درجة الحرارة لها اهمية كبيرة في علم الارصاد الجوية وذلك لتاثيراتها في تكون الغيوم والتكاثف والتساقط .

التدرج الحراري Temperature Gradient

تنخفض درجة الحرارة تبعا لزيادة درجة خط العرض . ان الانخفاض في درجات الحرارة في الهواء عند خط العرض الاعلى تعرف بما يسمى بالتدرج الشاقولي لدرجات الحرارة (Vertical Temperature Gradient) وان اسباب ذلك الهبوط في درجات الحرارة بزيادة درجة خط العرض يعود الى :-

1- سخونة الهواء بوساطة الارض .
2- محتوى الهواء من بخار الماء ينخفض بزيادة درجة خط العرض مما يقلل سعة الهواء على حمل الحرارة .
3- توسع الهواء في الطبقات العليا .

معدل الهبوط في درجات الحرارة Lapse Rate of Temperature

يعبر عن الانخفاض العمودي في درجات الحرارة بما يسمى معدل الهبوط (lapse rate) ويختلف معدل الهبوط بمدى واسع وعلى اية حال ففي مكان معين فان معدلات الهبوط التي يمكن ملاحظتها يمكن ان تؤخذ كمتوسط لتعطي معدل الهبوط الطبيعي . ان معدل الهبوط الطبيعي يكون 6.5 م^0 لكل كم او 3.5 ف^0 لكل 100 قدم .

معدل ثابت الحرارة او تذبذب الحرارة Adiabatic Lapse Rate

ان المعدل الذي تتغير فيه درجة الحرارة بحيث ترتفع او تنخفض درجة حرارة الهواء يسمى معدل ثابت الحرارة او مكظوم الحرارة (adiabatic lapse rate) وهذا المعدل يكون قيمة ثابتة للهواء الجاف . فاذا كانت درجة حرارة الهواء الاصلية والمسافة خلال ارتفاعها وانخفاضها معروفتان فعند ذلك تكون الحرارة الناتجة يمكن حسابها والذي يعني معدل ثابت الحرارة . ان معدل ثابت الحرارة للهواء الجاف يكون 10 م^0 لكل كم .

الانقلاب Inversion

بين الفينة والاخرى وعند بعض خطوط العرض فان درجة الحرارة تزداد بشكل مفاجئ بدلا عن انخفاضها . ان الظروف التي تحصل فيها مفاجئة الارتفاع بدلا عن الانخفاض يسمى انقلاب (inversion) والانقلاب ربما يحصل حينما يبرد الهواء القريب من الارض بدرجة اسرع من الهواء الفوقي ويحصل الانقلاب نتيجة مرور طبقة هواء دافئة فوق طبقة هواء باردة او عن الدفء نتيجة هبوط او سقوط كتل هوائية او نتيجة الدفء بوساطة الاضطرابات الهوائية .

درجة حرارة التربة Soil Temperature

حينما تمتص الارض الاشعة الشمسية فالهواء الذي فوقها ليس وحده يزداد سخونة بل الطبقات السفلى من التربة . اذ تنتقل الحرارة داخل طبقات التربة بدرجة رئيسة بعملية التوصيل وبحدود اقل بوساطة عملية الحمل (لوجود هواء او ماء في مسامات التربة) . ان سريان الحرارة من والى التربة يسمى تدفق حرارة التربة (soil heat flux) يعتمد التدفق (flux) او السريان (flow) من والى اي مكان على مقدار التدرج الحراري (temperature gradient) او التوصيل الحراري (thermal conductivity) ويعرف التوصيل الحراري بانه كمية الحرارة السارية في وحدة الزمن خلال وحدة مقطع عرضي من التربة من خلال استجابتها للمدرج الحراري النوعي وله وحدات كان تكون واط / م عمق من التربة / K^0 تدرج حراري .

ان التوصيل الحراري او حركة الحرارة داخل التربة يعتمد على نسجتها ورطوبتها ومحتواها من المادة العضوية. التوصيل الحراري للتربة الرملية يكون اكثر مقارنة بالتربة الطينية وحينما يزداد المحتوى الرطوبي فان التوصيل الحراري يزداد تبعا لذلك . المادة العضوية تقلل التوصيل الحراري للتربة وبالاساس فان التوصيل الحراري يقل مع زيادة المساحة الكلية للتربة ، فالترب الرملية ذا مسامات كبيرة لذا فان المساحة الكلية لها اقل مقارنة بالترب الطينية والتي فيها المسامات الصغيرة اكثر . زيادة المادة العضوية في حالة دقائق التربة الاصغر تزيد من المسامية الكلية وهكذا فان الترب الثقيلة مع محتوى عالي من المادة العضوية تكون ذا توصيل حراري اقل . مسامية التربة تنخفض تبعا لوجود الماء وهكذا يزداد التوصيل الحراري لذا فان الري والحراثة لهما تأثير جوهري في سريان الحرارة في التربة .

التغايرات الدورانية اليومية في درجة حرارة التربة

Diurnal Variation in Soil Temperature

سطح التربة يكون ذا درجة حرارة الاعلى عند منتصف النهار تقريبا والاقل قبل شروق الشمس . ان التغايرات الترددية في درحة حرارة التربة ربما تكون عالية اذ تكون 16 م^0 وعلى اية حال فان طبقات التربة باتجاه الاسفل تكون ذا تغايرات حرارية اقل ، فدرجة حرارة التربة تحت 80 سم غالبا ما تكون مستقرة (لا تتغير) بتغير الليل والنهار .

القياسات Measurements

الوحدات Units

تقاس درجة الحرارة اما بالفهرنهايت (ف^0) او بالسيليزية (المئوية م^0) او بالكالفن (K^0) . في المدى الفهرنهايتي فان انصهار الماء وغليانه يكون في درجة 32 و 210 ف^0 على التتابع بينما المئوي صفر و 100 م^0 على التتابع . تقاس درجة الحرارة المطلقة بوحدات كالفن فعندما لايكون هناك اي نشاط لجزيئات الماء (نشاط = صفر) فاننا نقول ان تلك المادة عند صفر كالفن ($0\ K^0$) ان نقطة انصهار الماء بوحدات كالفن هي $K^0 273$.

معادلات تحويل الحرارة :-

مئوي (م) = فهرنهايت (ف^0) – 32 × $\frac{5}{9}$

فهرنهايت (ف^0) = مئوي (م) + 32 × $\frac{9}{5}$

كالفن (K^0) = مئوي (م) + 273

الوسائل Instruments

تستعمل المحارير لقياس درجة الحرارة خلال اليوم وتتالف المحارير من انبوبة زجاجية مدرجة تنتهي بحجرة وفي داخل الانبوب الزجاجي ثقب ضيق يمتد على طول الانبوب حتى البصلة . ان الثقب داخل الانبوب الزجاجي فيه تضييق قرب البصلة المملوءة بالزئبق ، فعندما تزداد درجة الحرارة يتمدد الزئبق داخل البصلة ليندفع خلال التضييق ليذهب مرتفعا مع زيادة درجة الحرارة مسجلا ارتفاع عمود الزئبق داخل الانبوب الزجاجي المدرج و درجة الحرارة التي تقابل نهاية عمود الزئبق من الاعلى هي التي تسجل وحينما تبدا درجة الحرارة بالنزول فان الزئبق فوق التضييق لا يستطيع دخول البصلة وهكذا فان اعلى درجة الحرارة يتم بلوغها يمكن تسجيلها من قبل محرار درجة الحرارة العليا .

محرار درجة الحرارة العليا Maximum Temperature Thermometer

المحرار يتم تنصيبه في الصباح عندما تكون درجة الحرارة منخفضة اذ يتم تنصيب المحرار وذلك بتدوير المحرار وهكذا فان الزئبق فوق التضييق سيتم نزوله الى داخل البصلة ثم يوضع شاقوليا ليقوم بتسجيل اعلى درجة حرارة كما اسلفنا .

محرار درجة الحرارة الدنيا Minimum Temperature Thermometer

يستعمل لقياس درجة الحرارة الاقل (الدنيا) التي يصلها اليوم وهو يتضمن انبوب زجاجي مدرج مع كحول في البصلة ومؤشر مكبس ناقوسي الشكل (dumb-bell shaped index) الموجود في جانب الكحول في تجويف ضيق . عندما ترتفع درجة الحرارة فان الكحول سيتمدد وينساب فوق مؤشر المكبس وكما لو ان الحرارة انخفضت فان الكحول سيتماسك وينسحب الى خلف المؤشر وعندما ترتفع درجة الحرارة مرة اخرى فان الكحول سينساب فوق المؤشر دون ان يحركه ويتم تسجيل القراءة في النهاية العليا للمؤشر وهكذا فان درجة الحرارة الدنيا التي ستحقق خلال

اليوم سيتم تسجيلها . محرار درجة الحرارة الدنيا يتم تنصيبه في المساء وذلك بقلب المحرار بحيث يصبح المؤشر في نهاية الكحول الموجود في التجويف .

محرار التربة

هو محرار زئبقي مع ثنية (تجويف) في نهاية البصلة . ان جزء الانبوب الزجاجي بين نهاية الثنية للانبوب الزجاجي الى بداية التدرج تسمى (ساق) . يختلف طول الساق الذي يعتمد على عمق التربة الذي يراد قياس الحرارة عنده ، النهاية السفلى للمحرار تكون مقوسة لتمكن المحرار من ملامسة التربة باوسع مايمكن في العمق المراد قياس حرارته بمحرار التربة يدس في التربة بحيث يكون الساق داخل التربة والانبوب المدرج الى الخارج والذي يتم قرائته .

الضغط الجوي Atmospheric Pressure

يسمى الضغط الذي يسلطه الغلاف الجوي على سطح الارض بالضغط الجوي (atmospheric pressure) يحوي الغلاف الجوي جزيئات الهواء التي لها وزن معين ونتيجة لوزن جزيئات الهواء هذه فانها تسلط ضغطا على سطح الارض . ويعرف الضغط تقنيا على انه القوة المسلطة على وحدة مساحة معينة . يعرف الضغط الجوي على انه الضغط المسلط بوساطة عمود من الهواء على مقطع عرضي لوحدة مساحة من الارض والتي تمتد من سطح الارض الى الحدود العليا للغلاف الجوي .

بشكل عام في المناطق العليا من الغلاف الجوي فان الضغط يكون قليل اما في المناطق ذات الدرجات الحرارية المنخفضة فان الضغط يكون اكثر ذلك لان وزن الطبقات التي فوقها تشكل ثقلا عليها . مع زيادة الارتفاع عن مستوى سطح البحر فان الضغط الجوي ينخفض . ليس للضغط الجوي تأثير مباشر في نمو المحاصيل الا انه يعد معيارا مهما في التنبؤات الجوية .

ان الوسائل القياسية التي تستعمل لقياس الضغط الجوي هو المرواز (باروميتر) المعدني (بدون سائل) والباراغراف الذي يسمى مسجل الضغط الجوي مروازا غير سائل يتضمن غرفة اسطوانية ذا قمم مموجة (متعرجة) وجوانب تعرف على انها غرف سيلفون فيها نابض قوي يمنع من تجعدها تحت ضغط الهواء الا انه يسمح لها بالتمدد شاقوليا . ووفق تغير الضغط خارجها فان الغرفة سواء تمددت او تقلصت فانها تتضخم بوساطة عتلات وبكرات متصلة الى مؤشر والمؤشر يتارجح حول لوحة عداد والذي يتم تضبيطه بالملي بار .

الباراغراف هو نوع تسجيلي من بارومتر لا سائلي . ان التغيرات في ضغط الغلاف الجوي تنعكس على الغرفة المفرغة سواء بالتمدد او التقلص وهذه التغيرات سوف تتضخم بوساطة نظام من العتلات المتصلة الى ذراع حبري الذي يؤشر على ورقة غراف وان طبقة ورقة الغراف تكون ملفوفة حول طبلة تدور وفق الية دوران الساعة ويتم ضبط ورقة الغراف شاقوليا في وحدات الضغط وافقيا للوقت ويعبرعن الضغط الجوي بالملي بار .

الرياح Wind

يقصد بالرياح حركة الهواء الافقية والتي تتحرك من منطقة الضغط العالي الى منطقة الضغط الواطئ بسبب اختلاف في الظروف على سطح الارض وزاوية سقوط الاشعاع الشمسي والكميات المختلفة الممتصة في مختلف المناطق . تلك من اسباب ارتفاع وانخفاض درجة حرارة المناطق والتي تساعد في ان يكون خلق ضغطا واطئا او مرتفعا . يندفع الهواء من مناطق الضغط المرتفع باتجاه مناطق الضغط الواطئ مسببا حركة افقية من الرياح .

اتجاه الرياح يكون معيارا مهما في التنبؤ الجوي . تسمى الرياح التي تهب من الجنوب باتجاه الشمال رياح بمواجهة الجنوب (رياح جنوبية) اتجاه الرياح يعزى الى

الجهة التي تاتي منها الرياح تعزى الى المنطقة التي هبت باتجاهها الرياح . اتجاه الرياح غالبا ما يتم الاشارة اليه بدوارة الرياح التي تشبه المروحة (wind wave) . ان النقاط الدوارة تشير الى اتجاه حركة الرياح واتجاه الرياح يمكن ان نحدده من خلال حركة الدخان او حركة اغصان الاشجار وغيرها . حركة الرياح في الطبقات العليا من الغلاف الجوي يمكن معرفة اتجاهها من خلال حركة الغيوم .

ان السرعة التي تتحرك بها الرياح تسمى سرعة الرياح (wind velocity) وان سرعة الرياح قرب سطح الارض تكون اقل منه في الطبقات العليا وهذا بسبب المقاومة التي تبديها الجبال والاشجار والبنايات واجسام اخرى الموجودة على سطح الارض . تكون سرعة الرياح بشكل عام اشد في النهار مقارنة بالليل . تقاس سرعة الرياح بوسيلة تسمى الانيمومتر Anemometer (مقياس سرعة الريح) والشائع منه يتضمن اكواب شبه كروية لتدور و دورانها ذلك يتم نقله الى مؤشر ليحدد سرعة الرياح .

الرطوبة Humidity

تشير الرطوبة (humidity) الى محتوى الغلاف الجوي من بخار الماء . يتحول الماء السائل الى بخار بعملية التبخر من خلال الطاقة التي يحجزها الاشعاع لشمسي بهيئة حرارة . بخار الماء عديم اللون والطعم والرائحة ويتكون من قطيرات من الماء المعلقة في الهواء . تعتمد كمية بخار الماء في الغلاف الجوي على الحرارة والرياح . درجات الحرارة العالية تعمل في زيادة مقدرة الغلاف الجوي على حمل كمية اكبر من بخار الماء ويقال عن بخار الماء بانه مشبع فيما اذا احتوى على كمية من الماء مساوية لاعلى كمية يستطيع ذلك الهواء من حملها عند درجة حرارة معينة واذا ما ارتفعت درجة الحرارة فان الهواء يصبح غير مشبع اذ يحتاج الى كمية اضافية من

بخار الماء ليصل الى حد الاشباع . الرياح تعمل على توزيع الرطوبة واعادة تحريكها من مكان لاخر .

ان كمية بخار الماء التي يحملها الغلاف الجوي في وقت محدد يعبر عنها بالرطوبة المطلقة او النوعية ، لذا فالرطوبة المطلقة (absolute humidity) هي الكمية المطلقة او الحقيقية من بخار الماء كوزن الموجودة في حجم معين من الهواء فعلى سبيل المثال اذا كان 2 م3 من الهواء يحوي على 10 غم من بخار الماء فان الرطوبة المطلقة تكون 5 غم لكل م3 .

الرطوبة المطلقة (غم / م^3) $= \frac{\text{وزن بخار الماء}}{\text{حجم الهواء}}$

الرطوبة النوعية هي وزن بخار الماء لكل وحدة وزن من الهواء (وزن الهواء بضمنه بخار الماء) ويعبر عنها بالغرام من بخار الماء الموجود في كيلوغرام من الهواء . فعلى سبيل المثال عندما يكون وزن عينة من الهواء يحتوي بخار الماء نحو 4 كغم و وزن بخار الماء يكون 20 غم فان الرطوبة النوعية تكون :

الرطوبة النوعية $= \frac{\text{وزن بخار الماء}}{\text{وزن الهواء بضمنه بخار الماء}} = \frac{\mathbf{20}}{\mathbf{4}} = \mathbf{5}$ **غم / كغم**

ان قياس كلا من الرطوبة المطلقة والنوعية صعبا ، وبما ان الحرارة تتغير باستمرار فان الرطوبة المطلقة تتغير هي الاخرى . ان الرطوبة النوعية والرطوبة المطلقة ذا تأثير اقل في نمو المحاصيل . يعتمد التبخر والنتح على نسبة الرطوبة التي يحملها الغلاف الجوي المحيط لذا فمن الضروري ايجاد سعة الغلاف الجوي للتشبع بالرطوبة وما هو الفرق بين نسبة بخار الماء الموجود في الهواء عند زمن معين ونقطة تشبع ذلك الهواء وان المعيار الذي يعطي ذلك الفرق هو الرطوبة النسبية (relative humidity) والذي هو النسبة بين كمية بخار الماء الموجود في الهواء وكمية بخار

الماء المطلوبة لاشباع تلك الكمية من الهواء تحت درجة حرارة وضغط معينين ويمكن التعبير عنها بنسبة مئوية وكما ياتي :-

فعلى سبيل المثال عندما تكون كمية بخار الماء المطلوبة لاشباع كتلة من الهواء هي 50 غم وكمية بخار الماء الحقيقية الموجودة في الهواء هي 40 غم فان الرطوبة النسبية تكون كما ياتي :-

$$\textbf{الرطوبة النسبية} \ (\textbf{RH}) = \frac{\text{كمية بخار الماء الموجودة في الهواء}}{\text{بخار الماء المطلوب للتشبع}} \times 100$$

$$= \frac{100 \times 40}{50} = 80\%$$

وعندما تكون الرطوبة النسبية 80% فهذا يعني ان هناك عجز في نسبة بخار الماء مقدارها 20% للتشبع وان كلا من التبخر من التربة والنتح من النبات يستمران لسد هذا العجز لذا فعندما تكون الرطوبة النسبية منخفضة او العجز كبير فهذا يعني حصول مزيدا من التبخر والنتح لذا فان معيار الرطوبة النسبية يستعمل على نطاق واسع في الانشطة الزراعية مقارنة مع الرطوبة المطلقة والنوعية .

عجز ضغط بخار الماء (vapor pressure deficit) والتي يرمز لها (VPD) هو الفرق بين ضغط البخار عند التشبع وضغط البخار الحقيقي (الفعلي) ويعبر عن ضغط البخار بوحدات (بار) (bar) او الباسكال (pascal) فعندما يكون عجز ضغط البخار حوالي او اقل من 1.5 كيلو باسكال عندها يكون الهواء جافا وان معدلات التبخر والنتح يشار اليها بمقدار عجز البخار .

القياسات Measurement

ان الوسائل التي تستعمل في قياس الرطوبة النسبية تسمى السايكروميترات (psychrometers) او الهايكروميتر (hygrometer) . يتركب السايكروميتر من

بصله رطبة وبصلة جافة لقياس الحرارة وهو الوسيلة الاكثر شيوعا في قياس الرطوبة النسبية ويحوي على اثنين من الحساسات الزئبقية لقياس درجة الحرارة ولكل محرار غلاف رقيق من الموسلين الذي يلتف حول البصلة ويبقى محتفظا بالرطوبة من خلال فتيلة توضع في قنينة . هذا المحرار يسمى محرار البصلة الرطبة اما الاخر فهو محرار البصلة الجافة . ان محرار البصلة الجافة يبين درجة حرارة الهواء الحالية وان تبخرا سيحصل من سطح البصلة الرطبة وذلك من قماش الموسلين الرطب الذي يلفها ونتيجة للتبخر فان البصلة الرطبة ستبرد ويعطي المحرار درجة حرارة اقل من درجة حرارة المحرار الجاف وبما ان معدل البخار يعتمد على رطوبة الجو فان هبوط الحرارة في البصلة الرطبة يعتمد هو الاخر على الرطوبة . الرطوبة النسبية يمكن قراءتها من المحرارين الرطب والجاف وذلك بالاعتماد على جداول الرطوبة . للتاكد من دقة التبخر من منطقة البصلة الرطبة للمحرار فان الهواء المحيط يجب ان يتبدل باستمرار فضلا عن ان التبخر سيهبط نتيجة كون الهواء الذي يحيط البصلة الرطبة سيصبح مشبعا . ان الظروف الفوقية يمكن مواجهتها بوضع محراري البصلة الرطبة والبصلة الجافة في حاجز ستيفنسن وكما لو ان الهواء سيمر من خلال الحاجز .

اسمانز سايكروميتر (Assmans Psychrometer)

يستعمل لقياس الرطوبة النسبية على نحو دقيق في الخيمة النباتية للمحاصيل ويتالف من محرارين حساسين واللذان يكونان محميان بغطاء من النيكل يغطي الانابيب لحمايتها من الاشعاع الشمسي المباشر . احد هذين المحرارين يكون ذا بصلة رطبة اذ تكون ملفوفة بالقطن يتم ترطيبها باستمرار باضافة قطرات قليلة من الماء المقطر ومن خلال قراءة المحرارين الرطب والجاف يمكن الحصول على الرطوبة النسبية باستعمال جداول الرطوبة النسبية .

هايكروميتر الشعري (مقياس الرطوبة الشعري Hair Hygrometer)

بشكل عام يستعمل لقياس الرطوبة النسبية داخل الغرفة . ان العناصر الحساسة في الهايكروميتر الشعري التي تتمدد بالرطوبة عندما تمتصها وتتقلص عندما تجف . ان التمدد والتقلص يتم نقلها الى مؤشر يتحرك على مدرجة . هذه الوسيلة يمكن استعمالها كذلك للقياسات في الحقل . من جهة اخرى فانه اقل حساسية عند الاخذ بنظر الاعتبار الوقت لكل ملاحظة وتتطلب مزيدا من الوقت للوصول الى توازن مع رطوبة الغلاف الجوي .

هايكروكراف (مقياس الرطوبة Hygrograph)

يستعمل لتسجيل الرطوبة باستمرار . ان العنصر الحساس هو خصلة من شعر الانسان والذي يتمدد ويتقلص وفقا لزيادة ونقص الرطوبة وبوساطة نوابض وعتلات دقيقة فان التغيرات في اطوال الشعر يتم نقلها الى ذراع حبري والذي يقوم بمد خط الحبر فوق ورق فوتوغرافي مع الرطوبة النسبية على المستوى العمودي والوقت على المستوى الافقي والذي يثبت الى طبلة دوارة تعمل بميكانيكية الساعة .

التبخر Evaporation

ان امداد الغلاف الجوي بالرطوبة بوساطة التبخر من التربة يتم عن طريق المسطحات المائية (البيئة المائية) ، اجسام المائية والكساء الخضري . التبخر هو العملية التي يتحول فيها الماء من الحالة السائلة الى الحالة الغازية (بخار) ويتصاعد الى الهواء . التبخر وتقديره سيتم التطرق اليه بالتفصيل في فصل الري من هذا الكتاب.

القياسات Measurements

هناك مقاييس عدة جاهزة لقياس التبخر فهناك حوض التبخر الامريكي للمكتب الجوي للولايات المتحدة (USWB) وهو حوض لقياس التبخر ، وهناك الحاجز الغاطس لقياس التبخر ومقياس التبخر (can) ، ومقاييس التبخر المحمولة

حوض التبخر الامريكي

يستعمل لقياس التبخر تم تطويره من قبل مكتب الجوي الامريكي ويتضمن الحوض وعاء اسطواني ارتفاعه 25 سم وقطره 122 سم يملئ بالماء ويغطى بشبكة سلكية لمنع الحيوانات من ان تشرب منه ويقاس التبخر نتيجة التغير بمستوى الماء خلال وحدة الزمن ويقاس مستوى الماء بمقياس كلابي مثبت جيدا على طوافة وينصب الحوض على اطار خشبي . يعبر عن التبخر بـ (ملم / يوم) .

الحاجز الغاطس لقياس التبخر (Sunken Screen Evaporator)

يتألف من وعاء اسطواني ارتفاعه 45 سم وقطره 60 سم . الوعاء الرئيس موصل الى وعاء صغير بنفس الارتفاع ولكن اقل قطرا (15 سم) . يدخل حوالي ثلاثة ارباع مقياس التبخر في التربة ويغطى من الاعلى بسلك مشبك . ان معدل التبخر يمكن تقديره بقياس مستوى الماء من الطوافة مع المقياس المعلق . مقياس التبخر ذو الحاجز الغاطس يستعمل لقياس التبخر او التبخر – نتح (evaportranspiration) (ET) تحت الظروف الحقلية .

مقياس التبخر المعدني (Can Evaporation)

هو اداة بسيطة . لتر واحد منه معدن او حديد مغلون يطلى بلون ابيض وتثبت عليه علامة 2 سم اسفل الحافة ويملئ بالماء الى المؤشر وهو يستعمل لتقدير التبخر –

نتح تحت الظروف الحقلية وفي الحقيقة تم تطويره لجدوله الري على اساس ان التبخر في حوض التبخر المعدني والتبخر – نتح (ET) يرتبطان بعلاقة .

مقياس التبخر المحمول (Portable Evaporation)

لقد طور مقياس التبخر المحمول لقياس التبخر لمدد قصيرة جدا ويمكن استعماله كذلك لقياس التبخر – نتح في حقول المحاصيل . يتألف من انبوب زجاجي بطول 14 سم ذو ثقب شعري بقطر 1 ملم . وهناك علامتان منقوشتان على الانبوب الزجاجي بمسافة 10 سم والانبوب موصل الى صفيحة من البراص دائرية قطرها 10 سم ولذلك فان الثقب الشعري يستمر من خلال حفر في الصفيحة . توضع ورقة ترشيح معروفة القطر على صفيحة البراص ويتم ترطيبها وان بعض الماء سينزل من الثقب للانبوب الشعري ويذهب خارج النهاية السفلى وعندما يحصل التبخر من ورقة الترشيح فان الماء يتحرك الى الاعلى في الانبوبة الشعرية وان معدل التبخر يعبر عنه بالوقت الذي استغرقه الماء الشعري للتحرك من العلامة السفلى للانبوب الى العلامة العليا .

المطر Rainfall

غالبا ما نستعمل كلمة المطر الساقط مرادفة للتساقط (precipitation) . ان تساقط اي نوع من الرطوبة المتكاثفة على سطح الارض تسمى تساقط والمطر هو نوع من التساقط على هيئة قطرات كبيرة قطرها اكبر من 0.5 ملم تسقط على الارض، فعندما يتقطر الماء ويبرد يزداد حجمه ويصبح ثقيلا بدرجة معينة ليسقط على الارض بهيئة مطر . عادة ما يتغاير حجم قطرة المطر بين 0.5 - 4 ملم .

مطر الرذاذ Drizzle

هو مطر ذو شده خفيفة يتألف من قطيرات ناعمة قطرها اقل من 0.5 ملم ويصل بهدوء الى الارض وعندما تتبخر قطيرات الماء قبل وصولها الى الارض فانها تشكل غمامة ضبابية (mist) حينما يسقط المطر على اية مادة او على الارض ودرجة حرارتها تحت الانجماد فان قطيرات المطر تشكل غطاءا ثلجيا يعرف بالمطر الزجاجي او المطر المنجمد .

الثلج الحبيبي Granular Ice :- هو ضباب متجمد يشكل طبقة جليدية سميكة تترسب عندما يتلاقى مع درجة حرارة تحت الانجماد وبسرعة .

الصقيع Frost :- يتشكل بواسطة بخار تسامي الماء في درجة حرارة تحت الانجماد وهو تساقط صلب بهيئة بلورات ثلجية او ثلج بهيئة ندف القطن .عندما تهبط درجة الحرارة الهواء تحت حد معين وقبل ان يتكثف اي من بخار الماء فان بخار الماء يتحول مباشرة من الحالة البخارية الى الحالة الصلبة .

الشفشاف او القطقط Sleet :- هو تساقط صلب خليط من البرد والمطر بهيئة دقائق ثلجية شفافة وهي تتكون على انها قطرات مطر وتتجمد لاحقا عندما تسقط من خلال طبقة هواء باردة .

الحالوب Hail :- يشبه الشفشاف ويتالف من كرات صلبة من الثلج والصقيع المضغوط . يسقط الحالوب على طول مع العواصف الرعدية من السحب التراكمية وهو يتكون بواسطة تيارات الهواء الشاقولية القوية الحاملة لقطيرات المطر الى الاعلى بدلا من تساقطها ونتيجة لدرجات الحرارة المنخفضة جدا في الطبقات العليا فعندما تهبط درجة الحرارة الى تحت الانجماد فان المطر يصبح ثلجا ويسقط على الارض .

القياسات Measurement

اكثر مقاييس المطر هي الوسائل لقياس كمية الامطار . مقياس المطر الاوتوماتيكي يستعمل لقياس الامطار الساقطة باستمرار اما شدة المطر الساقط فهي كمية المطر التي يتم استلامها في وحدة الزمن والتي نحصل عليها من منحنى مقياس الرطوبة الاوتوماتيكي .

الموجات الراديوية سواء المنعكسة اوالمبعثرة بوساطة الحواجز التي تعترضها في مسارها تشكل الاساس لاستعمال الرادار . فالرادار هو مختصر الراديو. عند امرار حزمة منبعثة لموجات راديوية ضيقة في حواجز قصيرة فان المستلم لاي موجات تلك التي تنعكس او تتبعثر الى الوراء الى الهوائي (antenna) من الوقت المستغرق بين امرار الموجة و رجوعها فان المسافة للحاجز يمكن حسابها بسهولة وان اتجاهها يكون باتجاه الذي يكون فيه الهوائي متجها اليه .

الرادر هو اداة ذات قيمة في تحديد وتتبع العواصف الرعدية ويمكن استعماله للحصول على تقديرات عن التوزيع الهوائي للتساقط المطري . ان كمية دقائق الماء السائلة والصلبة المتبعثرة الى الوراء تعتمد بدرجة كبيرة على حجمها والطول الموجي للموجات الراديوية .على سبيل المثال مع طول موجة راديوية تقترب من 1 سم فان قطر قطرة المطر او الثلج المتبلور ذواتا قطر ملم واحد او اكثر فمن السهولة تحديدها . ان قطيرات الغيوم الاصغر حجما او البلورات الثلجية (قطرها اقل من 0.2 ملم) متبعثرة لذا فان طاقتها قليلة جدا لذا فاننا نحتاج الى قوة باقصى حدود و رادارات حساسة لكي نستطيع تحديدها .

تقنية تستعمل لدراسة مواقع وحركة الانخفاضات والاعاصير والزوابع في مجال التنبؤ الجوي . في الوقت الحاضر فان اغلب راصدي الغلاف الجوي للارض يكون قاصرين او غير كافيين . ان حوالي 70% من سطح الارض تغطيه المحيطات ونسبة كبيرة من السطح المتبقي للارض تتسيده الجبال والجليد والصحاري والغابات

لذلك فمن المحتمل ان القياس يتم على جزء صغير من الغلاف الجوي لذلك فان اطلاق الاقمار الصناعية الجوية تكون قادرة على ملاحظة وقياس التغيرات التي تحصل للغلاف الجوي فوق كل الكرة الارضية مع الاقمار الصناعية فان كل الملاحظة الشاملة للجو يمكن ان تكون دون ان نضع اي وسيلة لتلك المنطقة فمن قمة الغلاف الجوي يمكن وبسهولة حساب كمية الاشعاع الشمسي المنعكس وحساب كمية الاشعاع المعاد اشعاعه من قبل الارض وغلافها الجوي لذا فان تلك الحسابات تزودنا بمعلومات عن كمية الوقود الذي ينبعث من مكان تسخين الغلاف الجوي والتي تكون مسؤولة عن التغايرات التي تحصل في الطقس .

الغيوم Clouds

يعمل الإشعاع الشمسي في تجهيز الطاقة للتبخر . التبخر يمد الغلاف الجوي ببخار الماء والهواء يرتفع إلى الأعلى بزيادة درجات الحرارة ، وكما إن كتلة الهواء تصعد إلى الأعلى فإنها تتوسع ما ينجم عنه انخفاض في الضغط والبرودة . إذا اتجهت البرودة فوق الإشباع فان بخار الماء سيتكاثف وتتكون الغيوم . ارتفاع تيارات الهواء تحافظ على الغيوم من السقوط حتى لو كانت قطيرات المطر التي تتركب منها الغيوم صغيرة جدا وخفيفة وهذا هو السبيل الاعتيادي الذي من خلاله تتشكل الغيوم . الغيوم تتشكل كذلك عندما ترتطم تيارات من الهواء الجاف بكتلة من الهواء البارد أو ترتطم بما معلق في دقائق الهواء بارتفاعات عالية . تصنف الغيوم على أساس ارتفاعها أو شكلها أو لونها وتمريرها للضوء أو عكسها له وهناك ثلاثة أشكال رئيسة من الغيوم هي :-

- **سحاب رقيق مرتفع (سمحاق أو قزع)** :- ويسمى Cirrus (ريشي أو ليفي الشكل) وهو سحاب طبقي (متنضد بهيئة طبقات) وهو كذلك سحاب ركامي (بهيئة أكوام) . إن الأنواع المختلفة للغيوم تكون إما بأشكال نقية إي نوع واحد

أو تكون محورة ومتداخلة بأكثر من نوع وبمستويات مختلفة . فإذا كان الغيم الأساسي يحدث فوق ارتفاعه الطبيعي مثلا 1950 متر فان الغيم سيكون رقيق في هذه الحالة فان كلمة عالي (alto) هي بادئة تطلق على هكذا شكل من الغيم. وإذا ماترافق إي غيم مع سقوط مطر فان كلمة مزنة (nimbus) أو سحاب كثيف ممطر ستكون بادئة تطلق على هكذا غيم أو يضاف كملحق للغيم الأساسي الشكل . وطبقا لما جاء في أطلس الغيوم العالمي لعام 1956 والصادر عن قسم الأرصاد الجوي العالمي فان الغيوم تصنف الى عشرة أشكال وكما يأتي :-

- **سحاب رقيق مرتفع سمحاقي (cirrus)** :- ويكون رقيق مفكك ريشي أو ليفي يشبه خيوط الحرير و لايظهر ظل تحته وهو يبدو احمر لماع أو برتقالي قبل شروق الشمس وبعد غيابها يتضمن بلورات أو ابر ثلجية ودون وجود قطيرات من الماء .
- **سحاب ركامي Cirro – cumulus :-** يظهر بهيئة بقع قشرية صغيرة بيضاء او كتل كروية تغطي جزء صغير او كبير من السماء وليس لها ظل وغالبا ما تنتظم بهيئة حزم او تندمج بهيئة امواج او تشبه تموجات الرمال على ساحل البحر.
- **سحاب سمحاقي طبقي رقيق مرتفع Cirro – Stratus :-** يتشكل هذا النوع من الغيوم كما لو انه طبقات قليلة البياض رقيقة وغالبا ماتغطي طبقة السماء كله او جزء كبير منه وربما تكون رقيقة جدا معطية للسماء مظهرا حليبيا ابيض خفيف . ان الغيوم التنضدية مسؤولة عن الحالوب الذي غالبا مايحصل دون ان تعتم ظهور الشمس او القمر .
- **سحاب طبقي عالي Alto – Stratus :-** هذا النوع من الغيوم تكون مائلة للزرقة او بيضاء رمادية طبقات الغيم تغطي كل او نسبة كبيرة من السماء . في احيان معينة ربما تحصل حزمة عريضة غير متجانسة . الشمس ربما تحجب

تماما او ربما يكون شروقها ضعيفا . الغيوم التنضدية العالية تعطي كميات جيدة من الامطار في المناطق الوسطى والعليا لخطوط العرض .

- **سحاب ركامي متوسط الارتفاع Alto – Cumulus :-** تلك الغيوم تتشكل بهيئة وحدات كروية اهليلجية مفردة او بهيئة مجاميع . ان الغيوم الركامية من هذا النوع غالبا ما يتكرر حدوثها بهيئة وحدات اهليجية متطاولة او عدسية وبدون قبة عمودية .
- **السحاب الطبقي Stratus :-** تكون رمادية غير متجانسة بهيئة صفائح او طبقات وغالبا ما تغطي السماء تماما . ان صفائح الغيوم عادة ماتكون سميكة وداكنة مقارنة بالسحب الركامية المتوسعة الارتفاع والتي ربما تكون فوقها .
- **السحاب الطبقي المزني Nimbo – Stratus :-** الغيوم الطبقية المزنية المطيرة تكون سميكة رمادية مظلمة وهي عبارة عن غيوم بيعية هلامية الشكل مع وجود بعض كسر الغيم المنتظمة تحتها او حولها ومن المعروف ان هذه الغيوم يترافق معها تساقط مطر مستمر سواء كان مطرا قويا او ضعيفا .
- **سحاب ركامي طبقي (رهجي) Strato – Cumulus :-** هذا الشكل من الغيوم يكون كبيرا ذو لفات ثقيلة مكببة او اغلبه في حزم رمادية طويلة وغالبا ماتغطي السماء كله او اغلبه . وهي غالبا ما تتشكل من انبساط الغيوم الركامية والتي ربما تنتظم بهيئة حزم او ربما تتطور باستمرارية الى سحاب ركامي في مناطق خطوط العرض الدنيا . في المطاف فان السحاب الركامي الطبقي يبدو داكنا اكثر واخفض واثقل من السحاب الركامي المنخفض (alto –cumulus)
- **سحاب ركامي Cumulus :-** يكون ضخما او بهيئة امواج غيوم بيضاء وهو يبرز في الصيف في بعض المناطق وعلى اية حال فمن الممكن حدوثه في اي موسم وهذه الغيوم تكون منبسطة مع وجود تثخن شاقولي واضح والذي يتوسع باتجاه الاعلى بهيئة قبة او زهرة خيمية الشكل .

- **سحاب تراكمي - مزني Cumulo – nimbus :-** هذا السحاب يتطور من تراكمي والذي تطور الى غيوم برجية ضخمة ذات مدى شاقولي من القاعدة الى القمة من 3 – 8 كم وعندما تتطور الى ذلك الارتفاع فان مثل هذه الغيوم تشكل مايعرف بالعواصف الرعدية .

دورة الماء Hydrologic Cycle

تسمى القشرة الصلبة للأرض بالغلاف الارضي (lithosphere) . اغلب كمية الماء الارضي حوالي (1.46×10^{9} كم^{3}) تتواجد في المحيطات (96%) ونسبة صغيرة (2 %) بهيئة ثلج او صقيع والمتبقي (2 %) الاجسام المائية للقارات.

المحيطات والبحار والانهار والاجسام المائية الاخرى للأرض تسمى بالغلاف المائي (hydrosphere) . ان الدورة المستمرة للماء بين الغلاف المائي والغلاف الجوي (atmosphere) والغلاف الارضي (lithosphere) تعرف بانها دورة الماء . ان الفعاليات الفيزيائية والاحيائية التي تحصل في البيئة يتم استدامتها بوساطة الدورة المائية . الماء يتبخر من الاجسام المائية المختلفة نتيجة الطاقة المجهزة من الاشعاع الشمسي اذ يدخل الى الغلاف الجوي بهيئة بخار ماء والمحيطات تساهم بحوالي 85% من البخار الكلي للعالم .

يعد التبخر المصدر الرئيس لبخار الماء في الغلاف الجوي . بخار الماء في الغلاف الجوي يشكل حوالي 0.001% من نسبة مجموع الماء الكلي على وجه الكرة الارضية . فيما لو ان بخار الماء الموجود في الجو تساقط في اية لحظة فانه ممكن ان يضيف فقط حوالي 2.5 سم من الماء الى المحيطات . وهكذا فان كمية بخار الماء الموجودة في الجو تعد صغيرة وهي تدعم الارتباط الحيوي لدورة الماء بين المحيطات والارض .

تتشكل الغيوم كما لو انها بخار ماء يرتفع الى الاعلى في الغلاف الجوي وعندما يحدث التكاثف في الغلاف الجوي فان الماء يتساقط بهيئة مطر والى حد ما بهيئة صقيع. لذا فان الماء يضاف بكمية ثابتة الى الغلاف الجوي من خلال عملية التبخر ويفقد من الغلاف الجوي بعملية التساقط .

ان المعدل العالمي للتساقط السنوي يصل حوالي 1000 ملم وتحتل المحيطات حوالي 2 / 3 مساحة سطح الارض لذا فان اغلب التساقط يحصل فوق المحيطات وان من التساقط الذي ينزل على سطح الارض فان 65% منه يعود الى الغلاف الجوي عن طريق عمليتي التبخر – نتح والباقي يذهب كجريان سطحي الى الانهار واخيرا يرجع الى المحيطات .

تقسيم المناخ Classification of Weather

التقسيم هنا يكون وفق مجاميع متشابهة الكينونة او الاغراض يتم اجراء التقسيم المناخي لدراسة النظم المناخية بهدف فهم انماطها العامة وظروفها البيئية لتقدير الجهد الزراعي (agriculture potential) ولنقل التقانات وهكذا فليس من المحتمل اعادة كل تجربة على كل حقل في كل المناطق المناخية الزراعية ، ايجاد مواقع مختارة والنتائج يمكن تعميمها على مواقع اخرى ذات ظروف مشابهة .

ديكاندول De candole :- يعد اول شخص حاول تقسيم المناخ عام 1900 و وضع تقسيمه الاول الذي قسم المناخ على اساس العناصر ولاحقا تم وضع حوالي خمسون تقسيما من قبل علماء كثيرون وان اغلب تلك التقسيمات اخذت التساقط او درجات الحرارة او كليهما كعنصرين الاكثر اهمية . من بين تلك التقسيمات فان الاكثر قبولا هو تقسيم Thornthwait Koppens التقسيم الذي يناسب الاغراض الزراعية الذي تم ايجازة من قبل Troll (1965) .

تقسيم Koppens

لقد اخذ Koppens المعدلات الحولية والشهرية للحرارة وكذلك التساقط لتقسيم المناخ واعتمادا على درجة حرارة المناخ فان المناخات تقسم الى مناخ استوائي (tropical) ودافئ معتدل (temperate) وبارد (cold) وقطبي (polar) . في المناخ الاستوائي فانه حتى الاشهر الاكثر برودة فان معدل درجات الحرارة فيها (العليا والدنيا) اكثر من 18م^0 . والاقاليم التي تكون فيها معدلات الحرارة للاشهر الاكثر برودة بمدى 18م^0 الى -3م^0 توضع تحت مجموعة المناخ الدافئ (temprate) . المناخات الباردة هي تلك التي يقل فيها معدل درجات الحرارة عن -3م^0 في الاشهر الباردة من السنة واذا ما قل معدل درجات الحرارة في الاشهر الدافئة عن 10م^0 فيطلق على المناخ بالمناخ القطبي (polar climate) واعتمادا على اشكال التساقط المستلمة فان المناخ يقسم الى ممطر ومناخ ثلجي فاذا كانت المعدلات الموسمية للمطر الساقط اقل من التبخر فالمناخ يسمى عندئذ بالمناخ الجاف (dry climate) وطبقا لتلك المعايير قسم Koppens المناخ الى خمسة اقسام هي

1- **المناخ الاستوائي المطير Tropical rainy climate :-** حيثما تكون معدلات درجات الحرارة في الاشهر الباردة اكثر من 18م^0 وتستلم المنطقة تساقطا سنويا اكثر مما يتبخر منها .
2- **المناخ الاستوائي الجاف Tropical dry climate :-** حيثما تكون معدلات درجات الحرارة في الاشهر الباردة اكثر من 18م^0 والتساقط السنوي اقل من التبخر وتقسم الى قسمين اما مناخ جاف (arid) وشبه جاف (semi-arid) .
3- **مناخ متوسط الدفئ مطير Mild temperate rainy climate :-** معدلات درجات الحرارة في الاشهر الباردة تكون من 18م^0 الى -3م^0 .
4- **مناخ ثلجي بارد Cold snow climate :-** معدلات درجات الحرارة في هذا المناخ للاشهر الباردة اقل من -3م^0 والتساقط يستلم بهيئة صقيع .

5- مناخ قطبي :- معدلات درجات الحرارة لادفئ شهر يكون اقل من 10 م^0 ويقسم الى تحت قسمي التندرا (tundra) والغطاء الثلجي (ice cap) .

هذا التقسيم الواسع يقسم مرة اخرى الى اربعة تقسيمات ذ اربعة حروف فالحرف الثاني بعد الحرف الرئيسي له علاقة بالتساقط الموسمي والحرف الثالث يشير الى الحرارة الموسمية والحرف الرابع له علاقة بالخصائص النوعية ، فعلى سبيل المثال

$$\frac{\boldsymbol{a}}{\mathbf{4}} \quad \frac{\boldsymbol{h}}{\mathbf{3}} \quad \frac{\boldsymbol{m}}{\mathbf{2}} \quad \frac{\boldsymbol{BS}}{\mathbf{1}}$$

تعني مناخ استوائي جاف (B) ، (S) شبه جاف ، يستلم امطار خلال الموسم (m) ومعدل درجات الحرارة الموسمية 18م^0 (h) وذو صيف طويل حار (a) وان اغلب مناخ العراق ياتي ضمن هذه المجموعة .

تقسيم ثورنثويت Thornthwate Classification

قسم ثورنثويت المناخ على اساس دليل التساقط والتبخر Precipitation Evaporation Index (PEI) ودليل التاثير الحراري Temperature Effective (TE) والتوزيع الموسمي للامطار .

دليل التساقط والتبخر (PET Index) = دليل التساقط = $\frac{P}{E} \times 100$

اذ ان :-

P :- هو التساقط الموسمي ، E :- هو التبخر الموسمي

على اساس دليل تاثير التساقط PE فان ثورنثويت قد قسم المناخ الى خمس مجاميع وكما ياتي :-

الرمز	مقاطعة (اقليم)	الكساء الخضري	دليل التساقط الموسمي PEI
A	مبتل Wet	غابات مطيرة	128 فما فوق
B	رطب Humid	غابات	127 – 64
C	تحت رطب Sub – humid	اراضي الحشائش	63 – 32
D	شبه جاف Semiarid	سهوب	31- 16
E	جاف Arid	صحاري	<16

TE Index (دليل التاثير الحراري) = $\sum_{1=1}^{12}\left(\frac{T-32}{4}\right)$

اذ ان T :- المعدل الحراري الشهري بالفهرنهايت

وطبقا لدليل التاثير الحراري فان المناخ قد قسم الى ستة اقاليم حرارية وكما ياتي :-

الرمز	الاقليم الحراري	دليل التاثير الحراري
A	استوائي *Tropical*	128 فما فوق
B	حراري معتدل *Mesothermal*	127 – 64
C	حراري منخفض*Microthermal*	63 – 32
D	الحرجية بين السهوب والتندرا *Taiga*	31- 16
E	تندرا *Tendra*	15 – 1
F	غابات *Forest*	0

وتبعا لذلك فان التوزيع الموسمي للامطار كذلك هو الاخر يمكن ان يتضمنه تقسيم وكما ياتي :-

الرمز	دليل التاثير الحراري
R	مطر كاف في كل الفصول
S	نقص امطار في الصيف
W	نقص امطار في الشتاء
D	نقص في كل الفصول

تقسيم ترول Trolls Classification

لقد اخذ ترول الحرارة والرطوبة الشهيرتان كمعيارين لتحديد المناطق المختلفة وفي هذا التقسيم فان الاقليم الاستوائي يكون عند المعدل الشهري لدرجة الحرارة لابرد شهر اكثر من 18 مئوي والاقليم الاستوائي يقسم الى تحت مجاميع خمس على اساس الرطوبة الشهرية وكما في الجدول (2.3) .

الرمز	نوع المناخ	نمط الكساء الخضري	عدد الاشهر الرطبة
V1	استوائي مطير	غابات دائمة الخضرة	12 – 9.5
V2	استوائي رطب صيفا	غابات دائمة الخضرة	9.5 – 7.0
V2a	استوائي رطب شتاءا	نصف متساقطة	9.5 – 7.0
V3	استوائي رطب – جاف	غابات مطيرة خشبية جافة	7.0 – 4.5
V4	استوائي جاف	عصارية ، خشبية ، شوكية	4.5 – 2.0
V4a	استوائي جاف مع رطوبة في اشهر الشتاء		4.5 – 2.0
V5	استوائي شبه صحراوي وصحراوي		< 2.0

Moisture Deficit Index (MDI) دليل النقص الرطوبي

يمكن تقسيم المناخ على اساس دليل النقص الرطوبي (MDI) وفق المعادلة الاتية

$$\mathbf{MDI} = \frac{\mathbf{P-PET}}{\mathbf{PET}} \times \mathbf{100}$$

اذ ان :-

P :- التساقط الموسمي (سم)

PET :- التبخر- نتح الكامن

وعلى اساس (MID) فان المناخ يقسم الى ثلاثة اقاليم وكما ياتي :-

MID	نوع المناخ
0 الى 33.3	تحت رطب
66.6 – 33.3	شبه جاف
> 66.6	جاف

العوامل الجغرافية تسبب تغايرات في انماط المناخ والطقس

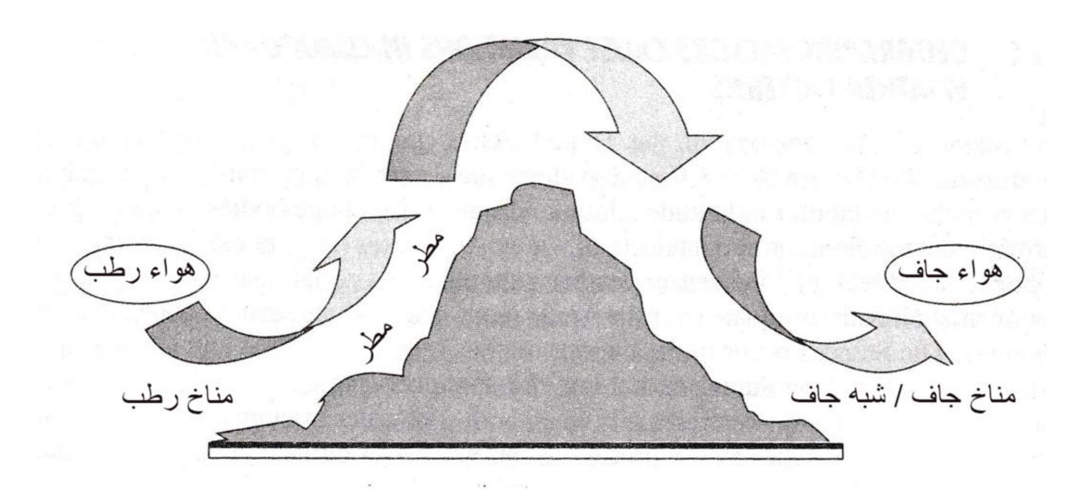
Geographic Factors cause Variation in Climatic and Weather Patterns

يعد مناخ العراق قاريا (continental) . ان الانماط المناخية تتحدد اولا بالعوامل الجغرافية التي تتضمن شكل الارض وخطوط الطول والعرض والبعد والقرب عن الاجسام المائية وتيارات المحيطات وشدة واتجاه الرياح . الكتل الهوائية

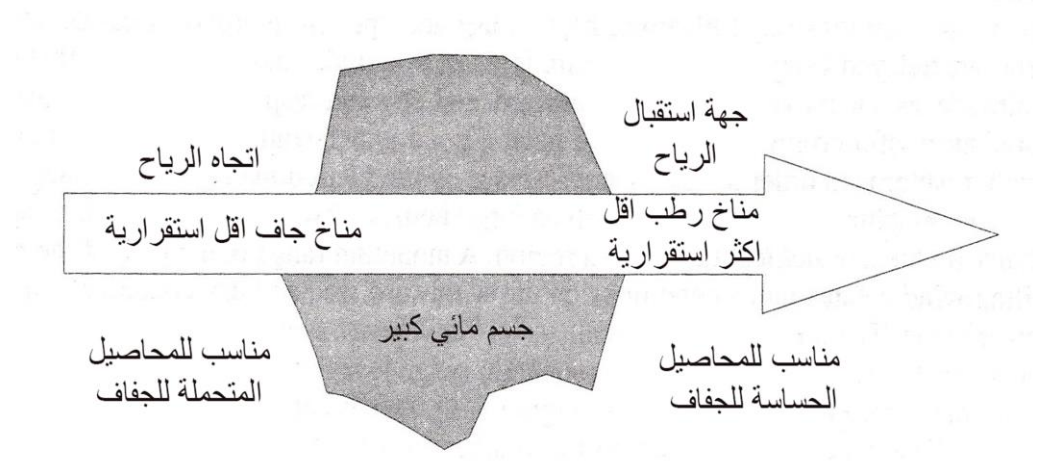
(اجسام هوائية كبيرة تكون باتجاه افقي) تؤثر في انماط الطقس وطرز الكساء الخضري ثلاث عوامل جغرافية الارتفاع عن مستوى سطح البحر(altitude) وخط العرض (latitude) وخط الطول (longitude) وهذه العوامل الثلاثة مهمة في الانتاج المحاصيل والتي تم تجسيدها في قانون هوبكنز للمناخ الحيوي (hopkins bioclimatic Laws). لقد تم ايجاز ذلك بان نشاطات انتاج المحصول مثل (الزراعة والحصاد) والتطورات النوعية المظهرية تتاخر بمقدار 4 ايام لكل درجة واحدة من خطوط العرض وخمسة درجات لخطوط الطول و122 متر (400 قدم) ارتفاع عن مستوى سطح البحر اذا ما تحركنا باتجاه الشمال ، الشرق والاعلى بالتتابع وهذه تشير الى منتج المحاصيل الناجح يجب ان يكون له فهما جيدا لانماط المناخ والطقس لكي يقوم بتبني استراتيجيات ادارة صحيحة لطرائق و وسائل انتاج المحصول.

ان سمات السطح الجغرافي مثل وجود الاجسام المائية الكبيرة سلاسل الجبال تعمل على تحوير العوامل الجوية في المنطقة . سلسلة الجبال التي تواجه الرياح المحملة بالرطوبة تجعل الجانب المواجه رطب بينما الجانب الاخر ذو ظروف جافة. الهواء يميل الى البرودة باتجاه نقطة الندى كلما ارتفعت الجبال .

يرتفع الهواء الذي يصطدم بسلسلة الجبال الى الاعلى يفقد رطوبته ويصبح كتلة هواء جافة تتحرك حالا الى قمة الجبل كما في الشكل (3 .2) وتسمى هذه الظاهرة تاثير التضاريس (orographic effect) وتختلف عن المطر الساقط المتسبب عن الجبهة الطقسية والعواصف الرعدية في الاقاليم .



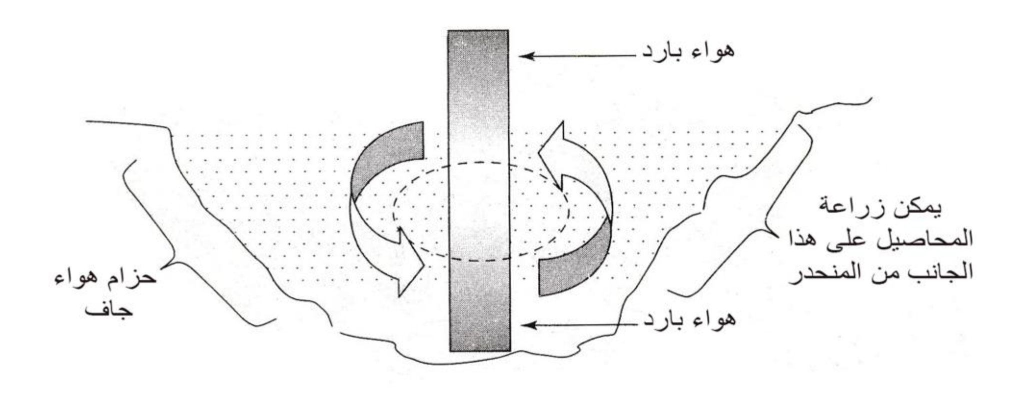
شكل 2.3. تاثير الجبال في مناخ المنطقة فالرياح التي تصطدم بجبهة سلسلة الجبال المواجهة ترتفع الى الاعلى فتفقد رطوبتها (مطر) ثم تنزل من الجهة الاخرى من السلسلة على شكل هواء جاف لذا فان المناخ الرطب من الجهة المقابلة والمناخ الجاف وشبه الجاف من الجهة الاخرى .



شكل 3.3. تاثير الاجسام المائية الكبيرة على المناخ الفعلي . الماء عادة مايكون دافئا مقارنة بالارض المحيطة به ، فعندما تتحرك الرياح فوق الاجسام المائية الكبيرة تصبح معتدلة وعندها تقوم بتعديل المناخ خارج الجسم المائي لذا فان المنطقة المحيطة بالمسطح المائي يكون تعرضها اقل للتذبذب في درجات الحرارة .

تؤثر الطوبوغرافية في الطقس والمناخ المحلي من خلال تعديل درجات الحرارة وهذا يعود الى ظاهرة تمدد مكظوم الحرارة (adiabatic expansion) للهواء . ان هبوط الحرارة هو – 1 م^0 لكل 100 متر ارتفاع عن مستوى سطح البحر. الهواء الرطب يبرد بحوالي 0.6 م^0 لكل 100 متر ارتفاع . من جهة اخرى فان فقدانه للرطوبة بعد ازاحتها خلال عملية المطر فان الهواء غير المشبع يدفئ بمعدل 1 م^0 لكل 100 متر ارتفاع عن مستوى سطح البحر وكما انه يتم دفعه باتجاه الجانب الاخر للجبل وان الهواء المدفوع الى ذلك الجانب لا يكون جاف فقط بل اكثر حرارة.

الجبال المواجهة للشمال ربما تختلف معنويا في مناخها عن المواجهة للجنوب وكذلك في كسائها الخضري الطبيعي . السفوح المواجهة للشمال تستلم عزل اكثر وتكون اكثر دفئا وهذه المواقع تختلف من حيث المحاصيل التي تنمو فيها . التاثيرات الطوبوغرافية الاخرى تتضمن انقلاب الحرارة التي تحدث بين قعر الوادي والجوانب المحيطة التل (شكل 4.3) .



شكل 4.3.ظاهرة الانقلابات الحرارية . الهواء الدافئ يرتفع ويبرد بمستوى اعلى من سطح البحر . الهواء الذي يكون ابرد واكثف سوف ينزل الى قعر الوادي ويحل محل الهواء الدافئ ولذلك فان الهواء الدافئ سيرتفع ويلاقي طبقة باردة في مستوى اعلى من سطح البحر . وهكذا تستمر دورة الهواء الابرد والاكثف

في الليل يبرد الهواء وذلك لملامسته الاسطح ويصبح كثيفا وينزل المطر الى قعر الوادي مؤديا الى دفئ الهواء اعلى جانب التل ، فالمحاصيل في قعر الوادي تتعرض للجليد .

المناخ العالمي غير ثابت فهو يتعرض الى تغيرات تسببها عوامل مثل التغيرات النظامية في النشاطات الشمسية او مستوى البحار او ثاني اوكسيد الكاربون الجوي والانجراف القاري . الانجراف القاري يغير تدريجيا الارتفاعات للكتل الارضية ومستوى البحر . الانفجارات البركانية تشحن كميات كبيرة من الغبار والغازات الى الغلاف الجوي وهذه ربما تسبب هبوطا في درجات الحرارة (تاثير البيت الزجاجي) . ان تراكم غازات البيت الزجاجي (خاصة ثاني اوكسيد الكاربون) وكذلك الميثان هي المسؤولة عن اتجاه زيادة الدفئ العالمي (global warming) . زيادة ثاني اوكسيد الكاربون التي تساهم فيها عملية احتراق الوقود الاحفوري وتحرر ثاني اوكسيد الكاربون الذي تمسكه التربة نتيجة لعملية الحراثة . الحيوانات الحقلية تنتج غاز الميثان خلال جهازها الهضمي . ان تاثير ظاهرة البيت الزجاجي على المناخ العالمي تتضمن كذلك تغيرات في نمط الامطار وبالتالي انتاجية المحصول .

ان التاريخ المبكر للعالم تم وصفه بوساطة التغيرات الجذرية في المناخ في تلك العصور الجليدية وحدثت مدد من الدفئ التي تداخلت مع الجليد . تلك الحقب من ارتفاع درجات الحرارة وغزارة الامطار والجفاف والبرودة كل تلك التغيرات اثرت ايجابيا في انتاجية المحاصيل او عكسيا وبالتالي كان لها دور في عمليات هجرة السكان .

رغم التطور التقني الهائل الذي حصل حديثا في مجال انتاج المحاصيل الا ان منتجي المحاصيل لازالوا يتعرضون لتاثير التقلبات الجوية والتي يمكن توضحيها بثلاث مسارات رئيسية هي :-

1- الاجهاد الرطوبي Moisture Stress :- لاجل حاصل جيد فان الرطوبة يجب ان تكون جاهزة للمحاصيل . وبكميات مناسبة في الوقت المضبوط . التوقيت والكمية

والتوزيع غير المنتظم ينتج عنهما نقصا في حاصل المحصول . ان تاثير تلك التغيرات القصيرة الاجل في نظام الرطوبة يمكن تقليله او ازالته اذا ماكان المنتج يمتلك مصادر لتنصيب نظم ري عليها . كذلك الاصناف المقاومة للجفاف سوف تكون قادرة على البقاء ومقاومة نوبة الجفاف .

2- الاجهاد الحراري Temperature Stress :- ان اي اختلال في درجة الحرارة ربما يؤخر زراعة المحصول ويقلل من موسم النمو فعندما يتاسس المحصول فان اي نوبات غير متوقعة من البرودة او الحرارة تؤثر في الطور التكاثري للنبات مما يقود الى نقص شديد في الحاصل لذا فمن الصعوبة جدا حماية المحصول من التاثيرات العكسية لدرجة الحرارة .

منتجو المحاصيل البستنية استفادوا من مختلف الاستراتيجيات لحماية نباتاتهم الحقلية من الانجماد والتي تضمنت الاغطية والمدفئات او مكائن الرياح لتدوير الهواء حول النبات ، فالمزارعون ربما قللوا من مخاطر الانتاج باعتمادهم على دليل الاستشارة مثل متوسط الايام لاول انجماد يحصل في الخريف واخر انجماد يحصل في الربيع من خلال التنبؤ الذي تقوم به محطات الارصاد الجوية .

3- الكوارث الطبيعية Natural Disasters :- التقانات الحديثة لا تناسب نظم الطقس الرئيسة فزيادة الامطار الموسمية او الزوابع تدمر المحاصيل تدميرا شديدا وبصفة خاصة في اسيا بينما الزوابع الشديدة والصقيع والحالوب تدمر المحاصيل والموارد الطبيعية الاخرى في اجزاء اخرى من العالم .

الممارسات الزراعية في انتاج المحاصيل يمكن ان تخلق محيطا مصطنعا حول النبات في الحقل

Culture Practices in Crop Production Can Create an Artificial Environmental Around Plants in The Field

عندما تزرع النباتات متقاربة مع بعضها البعض ضمن الية انتاج المحصول وهذه الالية لها المقدرة لتحوير العناصر المناخية المحيطة بالنباتات لخلق مناخ موضعي (microclimate) او طقس موضعي او بيئة صغرى (microenvironment) . ان طبيعة المناخ الموضعي تعتمد على هيئة النبات وسماته الشكلية والتشريحية مثل ارتفاع النبات والشكل الهندسي له والكثافة النباتية ، مساحة الاوراق ، اعداد الثغور وطبيعة البشرة وغيرها .

ان الخيمة النباتية تحث عن طريق تجميع النباتات في حالة معينة ليتحور فيه حالا المحيط الذي حولها بطريقة تؤثر في انتاج المحصول وانتاجيته . ان سرعة الرياح والرطوبة الجوية ونفاذ الضوء او اعتراضه من قبل الاوراق فالحرارة تتعرض الى تبدلات ضمن الخيمة النباتية (داخل الخيمة) .

الرياح قليلة السرعة والرطوبة العالية ربما تشجع انتشار الامراض . مستوى ثاني اوكسيد الكاربون ضمن الخيمة النباتية يكون اقل من مستواه فوق الخيمة . تظليل الاوراق (عامل المساحة الورقية) يقلل من اعتراض الضوء من قبل المساحة الفعالة لعملية التركيب الضوئي هذه العوامل تقلل من التركيب الضوئي وبالتالي من انتاجية المحصول .

يعد الماء حرجا لانتاجية المحصول

Water is Critical to Crop Productivity

التساقط (precipitation) الذي يصل الى الارض ياتي باشكال مختلفة تتضمن الامطار ، الصقيع ، الثلوج ، الحالوب ، الندى الا ان المطر هو الاكثر اهمية من بين اشكال التساقط جميعها فمعدلات سقوط الامطار في العراق متذبذبة بشكل كبير قد لا تتجاوز 50 ملم او قد تصل الى 300 ملم في المنطقتين الوسطى والجنوبية اما في المنطقة الشمالية فهي تتراوح بين 150 ملم الى 1000 ملم .

ان المناطق الانتاجية الزراعية يتم وصفها على اساس التساقط الموسمي (جدول 4.3) ، فالاقاليم التي توصف على انها شبه جافة هي التي تستلم امطار سنوية كلية تتراوح بين 250 الى 500 مم وهي مناسبة لزراعة الحبوبيات ومحاصيل العلف . بينما الاقاليم تحت رطبة (500 – 750 مم) من التساقط في الموسم فهي تناسب زراعة المحاصيل على خطوط (row crops) ومحاصيل العلف وفي كلا الاقليمين السابقين فأننا بحاجة الى ري تكميلي (supplemental irrigation) والذي يكون اكثر في المناطق شبه الجافة بهدف الانتاجية العالية .

ان فعالية الامطار في انتاج المحاصيل تعتمد على خصائص المطر (الكمية والتوزيع على الموسم) انتشار الضوء عادة مايؤول الى التبخر من التربة .

جدول 4.3 . التصنيف الامريكي لمناطق انتاج المحاصيل على اساس كمية الامطار الساقطة

الامطار الموسمية (مدى تقريبي)	المنطقة المحصولية	الاستراتيجيات الزراعية الناجحة
10 انج (0 – 25 سم) او اقل	جافة	تحتاج الى ري ، اراضي مراعي
10 – 20 انج (25 – 50 سم)	شبه جافة	طريقة الحراثة يجرى لحفظ الرطوبة ممارسات حفظ الرطوبة غالبا مانحتاجها عند زراعة الحبوبيات الصغيرة
20 – 30 انج (50 – 75 سم)	شبه رطبة	نحتاج ادارة جيدة للرطوبة ، ممارسات حفظ الرطوبة ، ري تكميلي احيانا نحتاج زراعة محاصيل الخطوط والمروز والمساطب
30 انج (75 سم) فما فوق	رطبة	الرطوبة ليست مشكلة ، الغابات والمحاصيل يمكن زراعتها وتنميتها ضمن محاصيل الخطوط والمروز والمساطب تزرع عادة

تاثير المناخ على المحاصيل الحقلية

Influence of Climate on Crops

يعد عامل المناخ اكثر العوامل السائدة تاثيرا في تناسب وتوزيع المحاصيل على الاقاليم المختلفة . الحاصل الكامن لاي محصول يعتمد بدرجة رئيسية على المناخ وان اكثر من 50% من التغايرات التي تحصل في حاصل المحصول الحقلي يعود سببها الى التغايرات المناخية . ان نوع الكساء الخضري او المحاصيل السائدة في اي منطقة

يحددها المناخ بدرجة رئيسية وان من اكثر عوامل المناخ تاثيرا في النمو والتطور والحاصل للمحاصيل هو الاشعاع الشمسي (solar radiation) والحرارة (temperature) والتساقط ، الرطوبة النسبية وسرعة الرياح كذلك يؤثران في نمو المحصول الى حد ما .

الاشعاع الشمسي Solar Radiation

تمدنا الشمس بالطاقة الحرارية اللازمة لانبات البذور وتوسع الاوراق ونمو الساق والاجزاء الخضرية والازهار والاثمار وان الظروف الحرارية تعد حاسمة للوظائف الفسيولوجية للنبات . تاثير الاشعاع الشمسي على المجتمعات النباتية يمكن ان يقسم في اربعة جوانب .

1. **التاثير الحراري للاشعاع Thermal Effect of Radiation :-** اكثر من 70% من الاشعاع الشمسي الذي يمتصه النبات يتحول الى حرارة وهذه الطاقة الحرارية يتم الانتفاع بها للتنفس والتسخين الحراري المتبادل مع المحيط. هذه التبدلات الحرارية هي التي تحدد درجة حرارة اوراق النبات واجزاء النبات الاخرى . التاثير الحراري للاشعاع الشمسي ستتم مناقشته بطريقة اكثر تفصيلا تحت درجة الحرارة .
2. **تاثير الاشعاع في عملية التركيب الضوئي Photosynthesis Effect of Radiation :-** نسبة من الاشعاع الشمسي (اكثر من 28%) بمفهوم الطاقة تستعمل في عملية التركيب الضوئي .
3. **تاثير التواقت الضوئي Photoperiodic Effect :-** الاشعاع الشمسي يؤدي دورا مهما في التنظيم والسيطرة على عمليات النمو والتطور
4. **تأثيرات اخرى Other Effects :-** الاشعاع الشمسي يؤثر كذلك في عملية صافي التركيب وتوزيع المادة الجافة وغيرها وان مناطق الطيف المختلفة للاشعاع

الشمسي تكون مسؤولة عن التاثيرات اعلاه . الاشعاع الشمسي فوق 0.25 ملي مايكرون (فوق البنفسجية) تكون ضارة لاغلب النباتات و الاشعاع الشمسي في منطقة الطيف المحصور ما بين 0.30 الى 0.55 ملي مايكرون لها تاثير تواقت ضوئي (photoperiodic) ومنطقة الطيف من 0.40 الى 0.55 ملي مايكرون يكون اغلب تاثيرها في التركيب الضوئي والطيف فوق 0.74 ملي مايكرون ليس لها تاثير من الناحية العملية على عملية التركيب الضوئي اذ يكون تاثيرها حراري فقط . غير ان الاشعة القريبة من الاشعة تحت الحمراء لها تاثير في انبات البذور وسكونها .

جدول 5.3. مناطق الطيف الضوئي وتاثيراتها في حياة النبات

نوع الاشعاع	الطول الموجي (ملي مايكرون)	نسبتها من طاقة الاشعاع الشمسي	التاثير على حياة النبات			
			حراري	تركيب ضوئي	تدوير ضوئي	اخرى
فوق البنفسجية	0.4 – 0.3	4 – 0	IS	IS	Moderate	H
الاشعة الفعالة للتركيب الضوئي (PAR)	0.7 – 0.4	46 – 20	S	S	S	NU
قريبة من الاشعة تحت الحمراء	0.7 – 4.0	80 – 50	S	IS	S	-
الاشعة ذات الامواج الطويلة	100 - 4.0	-	S	IS	S	-

S :- جوهري Significant ، IS :- غير جوهري Non - Significant

H :- مؤذي Harmful ، NU :- اخذ المغذيات Nutrient Uptake

تاثير التركيب الضوئي Photosynthetic Effect

تاثير التركيب الضوئي للاشعاع الشمسي هو الاكثر اهمية لانتاج المحاصيل من بين كل التاثيرات الاخرى وان شدة الاشعاع تعد الاكثر اهمية . يؤثر الاشعاع الشمسي في انتاج الانزيمات المهمة في عملية التركيب الضوئي . تطور وحدات التركيب الضوئي و النمو و تكون الحاصل واخيرا الحاصل النهائي .

الانزيمات Enzymes :- ان عملية اختزال ثاني اوكسيد الكاربون الى كاربوهيدرات هي عملية بنائية تتم بوساطة انزيمات تسمى Phosphoenol Pyruvate Carboxylase و Ribulose Bisphosphate Carboxylate شدة الضوء تزيد من نشاط وكمية تلك الانزيمات .

تطور اعضاء التركيب الضوئي

Development of Photosynthetic Apparatus

البنية التحتية للتركيب الضوئي تتضمن كل من صبغة الكلوروفيل الموجودة في الاوراق والمساحة الورقية وتعرضها للضوء .

الاصطباغ Pigmentation

الصبغات المختلفة المهمة لعملية التركيب الضوئي يتم انتاجها بوجود الضوء فالكلوروفيل يتحفز تكوينه بوساطة الضوء الواقع ضمن الطول الموجي 0.300 الى 0.338 ملي مايكرون . الفايتوكروم تتحفز بوساطة الضوء الاخضر . تظهر لتساهم في السيطرة على عملية تمثيل بروتينات البلاستيدات الخضراء والصبغات . سلسلة نقل الالكترونات في عملية التركيب الضوئي تتشكل خلال عملية تطور البلاستيدات

الخضراء تحت الضوء الابيض ، الضوء الاحمر يحث عملية تمثيل صبغات البلاستيدات في الاوراق ويزيد من عملية تمثيل التراكيب الصفائحية للبلاستيدات .

تكون نظام بروتين – صبغة للبلاستيدات ومقاومتها للشيخوخة ينجم عن الضوء الاحمر

خصائص الورقة Leaf Characteristics

رغم ان شدة الضوء العالية تقلل من المساحة السطحية للورقة الا انها تزيد من سمكها وكذلك تزيد عدد خلايا النسيج الوسطي والوزن النوعي للورقة وعدد الثغور في وحدة المساحة . سرعة اخذ ثاني اوكسيد الكاربون تكون عالية في الاوراق النامية تحت شدة ضوئية عالية وسبب ذلك يعود الى زيادة عدد الثغور في وحدة المساحة .

تعرض الورقة Leaf Exposure

يؤثر الضوء كذلك التوزيع الفراغي للاوراق . الضوء الازرق حتى في شدات ضوئية قليلة (2 ارك / سم^2 / دقيقة) يسبب ميلان ورقة الحنطة . مع شدات ضوئية عالية فان الاوراق تصبح افقية . تظليل نبات الرز بنسبة 75% يقلل زاوية الورقة بمقدار اكثر من 12 درجة مسببا زيادة نسبة الاوراق القائمة . النباتات تنزع لتنمو مفترشة او تطور شكلا نجميا تحت الشدة الضوئية العالية . النمو المفترش او النجمي لنباتات الحنطة الشتوية تلاحظ مع شدة ضوئية عالية اكثر من K 350 لوكس / هكتار / يوم .

النمو Growth

الاشعاع الشمسي يكون جاهز بشكل مستمر خلال اغلب ساعات النهار ليتم اعتراضه باستمرار . تحت الظروف الطبيعية فان اعتراض الاشعة الشمسية والانتفاع بها يكون قليلا خلال مراحل النمو المبكرة للمحصول . يزداد حجم الاعتراض للاشعة

الشمسية وكفاءة الانتفاع بها من خلال ضبط الممارسات الحقلية الخاصة بادارة المحصول مثل ضبط مسافات الزراعة والكثافة النباتية وموعد الزراعة المناسب واختبار الاصناف ذات الخصائص المورفولوجية التي تزيد من حجم الاعتراض مثل عدد اوراق النبات وزاوية الورقة وتوزيع الاوراق على الساق وغيرها .

يزداد حجم اعتراض الضوء مع زيادة دليل المساحة الورقية وبما ان الاشعاع الشمسي ينفذ داخل الخيمة النباتية فان تخفيفا تدريجيا يحصل لشدته بسبب اعتراضه من قبل طبقات الكساء الخضري . ان كمية الاشعاع الشمسي التي تصل الى اي طبقة من طبقات الكساء الخضري للمحصول يمكن حسابها وفق المعادلة الاتية :-

$$\mathbf{I = I_0\, e^{-kLAI}}$$

اذ ان :-

I :- شدة الضوء عند نقطة القياس داخل الكساء

I_0 :- شدة الضوء في قمة الكساء الخضري

LAI :- دليل المساحة الورقية (Leaf Area Index)

K :- معامل الانطفاء (Extention Coefficient)

e= ثابت اسي (Exponential Constant)

ان معامل الانطفاء او المعدل الذي يتخفف به الاشعاع مع زيادة العمق داخل الكساء الخضري يعتمد على المحصول (جدول 6.3) .

جدول 6.3. معامل الانطفاء لمحاصيل مختلفة

المحصول	معامل الانطفاء	المصدر
الرز	0.65	Udagawa واخرون، 1974
الذرة الصفراء	0.84	ICRISAT ، 1978
الذرة البيضاء	0.70	ICRISAT ، 1978

تمرين :- اذا علمت ان الاشعة الساقطة كانت 400 سعرة / سم^2 / يوم وان 40% منها كانت فعالة (PAR) وان دليل المساحة الورقية للذرة البيضاء هي 4.00 احسب الاشعة الفعالة المعترضة من قبل محصول الذرة البيضاء

PAR = (400 × 40) / 100 = 160 سعرة / سم^2 / يوم

معامل الانطفاء للذرة البيضاء = 0.70

$$I = 160 \times e^{-(0.7\times4.0)}$$

$$I = 160\times e^{-(2.8)}$$

اللوغارتم الطبيعي لـ 2.8 هو 0.0603

$$I = 9.648$$

الاشعة المعترضة = I - Io = 160 – 9.648 = 150.352 سعرة / سم^2 / يوم

ان كمية المادة الجافة المنتجة لها علاقة بكمية الاشعة المعترضة من قبل المحصول ومن الضوء المعترض يمكن حساب كمية المادة الجافة المنتجة

فعلى سبيل المثال فان العلاقة بين الضوء المعترض والمادة الجافة المنتجة في الذرة البيضاء يمكن ان تكون كما ياتي :-

$$Y = 3.08 (X)$$

اذ ان Y هي المادة الجافة غم / م^2 و X هي تدفق الفوتونات المعترضة للتركيب الضوئي بالـ ميكاجول / م^2 ، 3.08 هي معامل تحويل الاشعة للذرة البيضاء .

المادة الجافة (Y) يمكن حسابها من خلال تعويض الاشعة الفعالة المعترضة (X) وهكذا فان الاشعة الشمسية لها علاقة مباشرة ليرتبط بها انتاج المادة الجافة .

لقد توصلت التجارب التي طبقت على محاصيل مختلفة في مناطق مختلفة من العالم الى ما ياتي :-

1- دليل المساحة الورقية والاشعاع الشمسي العام هي اكثر العوامل اهمية التي تؤثر في النمو .
2- المساحة الورقية هي التي تحدد حجم الاشعاع المعترض
3- المادة الجافة المنتجة لها علاقة وثيقة بكمية الاشعة الفعالة في عملية التركيب الضوئي المعترضة من قبل النبات .
4- تحت شدات ضوء منخفضة فان معدل التركيب الضوئي ومعدل النمو النسبي ومعدل صافي التركيب الضوئي والوزن النوعي للورقة تقل ما ينتج عنه انخفاض في كمية المادة الجافة المنتجة .
5- كمية المادة المنتجة تزداد بزيادة شدة الضوء . الشدة الضوئية الاعلى تزيد من معدل النمو وهكذا فان زيادة الشدة الضوئية تؤدي الى زيادة المادة الجافة المتراكمة

تشكل الحاصل Yield Formation and Yield

الضوء يؤثر في مكونات الحاصل وبالنتيجة في الحاصل ، فمثلا في محصول فستق الحقل فان شدة الاضاءة المنخفضة خلال مرحلة الازهار تقلل عدد الازهار في النبات . والازهار التي تتفتح في الجو الغائم لا تنتج مهاميز . شدة الاضاءة القليلة في

مدة انتاج مهاميز وامتلاء القرنات تقلل من عدد القرنات وشدة الاضاءة القليلة في مدة امتلاء القرنات تسبب نقصا في الحاصل تصل نسبته الى 30% .

في الحبوبيات (الحنطة ، الشعير ، الرز وغيرها) يزداد عدد التفرعات بزيادة شدة الاضاءة . تسبب شدة الاضاءة القليلة خلال مدة تزهير الحبوبيات زيادة في عقم الزهيرات وهو على الاغلب سبب لقلة السنيبلات المتطورة في دالية الرز . ان شدة الاضاءة القليلة من نشوء الداليات الى تكون الحبوب في الرز تعد مرحلة حرجة لكن المرحلة من التزهير الى تكون الحبوب اكثر حراجة . الاشعاع الشمسي خلال نشوء الداليات الى التزهير يعد حرجا للرز . كمية الاشعاع الشمسي خلال هذه المدة هي التي تحدد عدد الازهار في النبات . قلة الاشعاع اثناء مرحلة النضج تقلل الحاصل بسبب نقص امتلاء الحبوب ويقلل عددها ايضا . في الاضاءة القليلة الشدة فان حاصل الحبوب يقل بمقدار 25 – 68 % مقارنة بشدة الاضاءة الطبيعية . ان نقص حاصل الرز في المواسم الرطبة مقارنة بالمواسم الجافة يعزى الى الاشعاع الشمسي ويزداد حاصل الرز مع زيادة الاشعاع الشمسي . عدد ساعات سطوع الشمس يرتبط معنويا مع حاصل الرز ويزداد حاصل الرز مع زيادة النيتروجين في السنة التي فيها اشعاع شمسي عال . بينما يزداد الى حد 110كغم N / هـ في السنة التي فيها اشعاع شمسي اقل وبعد ذلك فانه يقل . ارتباط عقم السنيبلات مع العوامل الجوية اظهرت ان الاشعاع المنخفض خلال طور النضج ينتج نسبة عالية من السنيبلات العقيمة وحاصل منخفض.

الاشعاع الشمسي المنخفض خلال مدة النمو التكاثري هو السبب الاول لقلة الحاصل في فول الصويا من تاخر موعد الزراعة . التظليل يقلل عدد القرنات للنبات في فول الصويا .

انتاج المادة الجافة يتناسب مع زيادة كمية الضوء المعترض واما الحاصل ربما يستجيب او لا يستجيب كذلك في حالة هجن الدخن فان دليل الحصاد يكون ثابت تقريبا، لذلك فان الحاصل هو نسبة الى الضوء المعترض ولكن عندما يكون دليل الحصاد

متغير بدرجة عالية كما في فستق الحقل فان الحاصل لا يكون نسبة الى الضوء المعترض .

تاثير التواقت الضوئي Photoperiodic Effect

ان عملية نمو وتطور المحصول مثل سرعة ظهور الاوراق ، التزهير وغيرها . تتاثر بمدة ضوء الشمس . اغلب النباتات تتاثر بالطول النسبي للنهار والليل خصوصا لاغراض نشوء الازهار . ان مدة الليل او الظلام التام هي اكثر اهمية من ضوء النهار لنشوء النورات الزهرية . اذا هذا التاثير للضوء على النبات يسمى التواقت الضوئي (photoperiodism) واعتمادا على طول المدة الضوئية التي يتطلبها نشوء النورات فان النباتات تقسم الى :-

1- **نباتات طويلة النهار Long – day Plants :-** تتطلب نهارا طويل نسبيا (عادة اكثر من 14 ساعة) لنشوء النورات الزهرية ويزداد نموها الخضري عندما يقصر النهار . ان اغلب المحاصيل المعتدلة مثل الحنطة والشعير والشوفان توضع في النمط .
2- **نباتات قصيرة النهار Short – day Plants :-** يحدث فيها نشوء الازهار عندما يكون النهار قصير (اقل من عشرة ساعات) او عندما تكون مدة الظلام طويلة . اغلب النباتات الاستوائية تقع ضمن هذا القسم كالذرة البيضاء والرز والذرة الصفراء .
3- **نباتات متعادلة النهار Neutral – day Plants :-** ان النباتات القصيرة والطويلة تقسم تقسيما اضافيا الى نوعية (مطلقة) وكمية (اختيارية) وهذه ليست احتياجات مطلقة لطول النهار (سواء نهار قصير او نهار طويل) اذ يبقى نموها الخضري لمدة غير محدودة (شهر او سنة) وعلى طول دون ان تتعرض لطول نهار معين لحث الازهار .

بعض المحاصيل التي تسمى متعادلة النهار لا تحتاج الى مدة ظلام معينة سواء طويلة او قصيرة . المدة الضوئية ليس لها تاثير في تغيير الطور او المرحلة لتلك النباتات ومن المحاصيل التي تنتمي لهذه المجموعة هي القطن ، زهرة الشمس .

ان سرعة نشوء الازهار تعتمد على كيف يكون قصر او طول المدة الضوئية ، قصر النهار يؤدي الى زيادة سرعة نشوء الزهيرات في نباتات النهار القصير اما النهار الاطول يؤدي الى سرعة نشوء الزهيرات في نباتات النهار الطويل .

لقد تم الانتباه سابقا الى ان الطول النسبي للنهار والليل يكون مهما للاستجابة للتواقت الضوئي وان شدة الضوء لها تاثير اقل وحتى الغسق والشفق لهما تاثير في عملية التواقت الضوئي وعلى اية حال فان عملية التبادل بين الشدة العالية والواطئة للضوء لها تاثير اكبر على التواقت الضوئي من شدة الضوء العالية يتبعها شدة اضاءة منخفضة ، فعلى سبيل المثال في حالة الشعير فان النباتات التي تنمو تحت شدة اضاءة عالية امدها ثمان ساعات تتبعها شدة اضاءة منخفضة امدها ثمان ساعات ايضا فان نشوء الزهيرات يكون اسرع منها في حالة نموها تحت ستة عشر ساعة مستمرة تحت شدة اضاءة عالية وهكذا فان طول النهار على انتاج السنيبلات يكون متسقا اكثر وبشكل اولي من خلال عملية السيطرة بالتدوير الضوئي منه الى عملية التركيب الضوئي والتجهيز بالمتمثلات . ساعات شروق الشمس لها علاقة بعملية التركيب الضوئي لكن ليس للاستجابة للتواقت الضوئي . طول النهار له علاقة بتاثيرات التواقت الضوئي .

طول النهار هو نتاج الموقع من خطوط الطول والعرض وموقع الشمس . فمثلا عند خط الاستواء فان كلا من الليل والنهار يكونا متساويين في طول مدتهما . في وقت الاعتدالات الربيعية او الخريفية فان طول النهار من الناحية العملية متساويا عند كل خطوط العرض . ان الطول النسبي للنهار والليل يتغير عند الاتجاه من خط الاستواء سواء اكان نحو الشمال او نحو الجنوب.

ان اطوال النهار يتم بيانها في جدول (7.3) لخطوط العرض المختلفة للشمال والجنوب من خط الاستواء وعند نفس خط العرض فان طول النهار يتغير تبعا لموقع الشمس خلال الاشهر المختلفة ، ففي خطوط العرض الشمالية يبدأ طول النهار بالزيادة ابتداءا من شهر كانون الثاني حتى يصل ذروته في حزيران ويبدأ بالانخفاض حتى يصل اقل طول له في شهر كانون الاول .

جدول 7.3. طول النهار (ساعة) المختلفة باختلاف خطوط العرض واشهر السنة

خطوط العرض شمالا	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	تشرين اول	تشرين ثاني	كانون اول
خطوط العرض جنوبا	تموز	اب	ايلول	تشرين اول	تشرين ثاني	كانون الاول	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران
0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.0	11.8
10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
50	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1

تاثير درجة الحرارة على تاثير التواقت الضوئي

Effect of Temperature on Photoperiodic Effect

يعول على تاثير التواقت الضوئي عندما تكون درجات الحرارة السائدة هي الدرجة الحرارية المثالية وحتى في الاصناف الحساسة للضوء فان التزهير لا يتم حثه عندما تكون درجات الحرارة متطرفة باتجاه الانخفاض ، فالتزهير في الرز لا يحث بالنهار القصير عندما تتعرض النباتات لدرجة حرارة 12 م^0 او 40 م^0 لكن تزهر النباتات عندما تكون درجة الحرارة 30 م^0 وعلى اية حال فان درجة الحرارة ضمن المديات تؤدي الى الاسراع او حث الازهار .

بسبب التغيرات التي تحدث في الطور الخضري الناجمة عن تاثير كلا من درجة الحرارة والمدة الضوئية ومن خلال حساب الوحدات الضوئية الحرارية Photo Thermal Unit (PTU) بدلا من الوحدات الحرارية Heat Unit وذلك لتحديد او توقع الازهار او النضج وبالضبط . ان الموعد المثالي للزراعة يمكن الوصول اليه بوساطة تقدير الوحدات الضوئية الحرارية (PTU) من البيانات المناخية المتاحة فعلي سبيل المثال يحتاج الرز 2200 PTU للحاصل العالي ومن خلال حساب PTU لمواعيد زراعة مختلفة يمكن تحديد موعد الزراعة الافضل

تاثير المدة الضوئية على التطور

Influence of Photoperiod on Development

الطول النسبي للنهار والذي لا يؤثر فقط في عملية التزهير وانما يؤثر في فعاليات اخرى مثل نشوء الاوراق ، الاشطاء وغيرها . عدد اوراق اقل ينتج مع زيادة او قلة المدة الضوئية مع نهار قصير ونهار طويل بالتتابع . في الحنطة فان المدة

ضوئية طويلة (التي طبقت بعد استطالة الساق) حثت على تكون الازهار بينما وتطورت اوراق تحت مدة ضوئية قصيرة . الاشطاء وارتفاع النبات اختزلت تحت مدة ضوئية متطرفة (طويلة او قصيرة) . ان تاثير درجة الحرارة و المدة الضوئية يكون احدهما معتمد على الاخر او تاثير اضافي في حال عدد الاوراق يزداد عدد الاوراق بزيادة درجات الحرارة ، وبنفس الطريقة فان زيادة في مدة الضوء (للنباتات طويلة النهار) و درجة الحرارة تقلل من مدد المراحل المختلفة للمحصول خصوصا في الطور الخضري .

اهمية التواقت الضوئي على انتاج المحصول

Significance of Photoperiodism on Crop Production

بسبب الاختلافات بين الاصناف (varietal differences) ضمن المحصول نفسه فان الاستجابة تختلف باختلاف الاصناف فعلى سبيل المثال هجن الذرة الصفراء ذات مدة النضج الطويلة تعطي زيادة 15% في الحاصل تحت طول نهار قصير مقارنة مع الهجن المبكرة . في حالة النباتات طويلة النهار مثل الشعير فان الاصناف طويلة النضج تحتاج الى نهار اطول . بعض الاصناف لنفس المحصول تكون حساسة للمدة الضوئية وبعضها غير حساسة . ترتبط الاصناف الحساسة للمدة الضوئية بموسم النمو اي انها تستطيع ان تنمو فقط في موسم معين فهي تزهر فقط عندما تتعرض الى مدة ضوئية مطلوبة . ان المدة الزمنية الضوئية ربما تزيد او تقلل من الاعتماد على وقت الزراعة . ان الاصناف الحساسة للمدة الضوئية ترتبط بالمدة اي ان المدة الضوئية غالبا ما تكون نفسها في اي موسم تنمو فيه . الاصناف المرتبطة بالمدة الضوئية تفضل زراعتها في نظام الزراعات المتداخلة .

موعد الزراعة المثالي Optimum Data of Sowing

ان المصدر (source) والمصب (sink) يجب ان يكونا بتوافق مضبوط للحصول على حاصل عال ، فالنباتات من النهار القصير عندما تتعرض الى نهار قصير وبشكل مبكر تنتج عدد اوراق اقل وبذلك يكون المصدر (source) اقل . واذا ما تعرضت الى نهار قصير في مراحل متاخرة جدا فسوف تتطور مزيدا من المساحة الورقية والتي لا تكون مهمة وتزيد مدة نمو المحصول بدون زيادة حاصل المحصول وهكذا فان موعد الزراعة المثالي يكتسب اهمية بالغة .

تأثيرات اخرى Others Effects

تمثيل المغذياتِ Assimilation of Nutrients

لاجل استجابة جيدة لاضافة الاسمدة وامتصاص وانتقال المغذيات وتمثلها وبمعدلات مطلوبة فالضوء يكون ضروري . في الذرة الصفراء فان تراكم الفسفور يكون عال تحت الضوء الابيض والاصفر والبرتقالي والضوء الازرق ويكون الاقل في الظلام .

اخذ البوتاسيوم من قبل نباتات الشعير يكون عالي تحت شدة ضوء عالية وبشكل عام فان امتصاص النيتروجين يكون بهيئة نترات فان اختزال النترات الى نتريت هي الخطوة الاولى في عملية تمثيل النترات وهذا الاختزال يحصل بوساطة انزيم مختزل النترات (NR) وهناك زيادة ل 14 ضعف في مستوى NR تحت الضوء اعلى من ظروف الظلام . ان محتوى السكروز ليس له تاثير على بناء NR . الطاقة المطلوبة للمادة التي تختزل النترات الى امونيوم يتم تجهيزها من الاشعة الشمسية . الاشعاع الشمسي العالي وحده هو الذي يعطي محتوى بروتيني عالي والناجم عن تمثيل كبير للنيتروجين .

انتقال المتمثلات

ان اكثر المواد التي تتكون باستمرار كالكاربوهيدرات غير تركيبية في النبات مثل السكروز و الفركتوز وهذه تتراكم في السيقان الى مدة اسبوعين الى ثلاثة اسابيع بعد الازهار في الحبوبيات . ان الفركتوز يبدو الاكثر اهمية بالنسبة للكاربوهيدرات المخزونة في الاوراق والسيقان قبل امتلاء الحبوب . ان تظليل النبات خلال مدة امتلاء الحبوب تمكنه من اعادة تحريك الكاربوهيدرات المخزونة ونقلها من خزين نواتج التركيب الضوئي باتجاه الحبوب وهكذا يمكن من استدامة مقدار معين من الاستقرارية في الحاصل من خلال عمليات النقل واعادة التوزيع .

استغلال الطاقة الشمسية Utilization of Solar Energy

ان اشعة الشمس المستلمة في قمة الكساء الخضري فان جزء منها ينعكس وقسم منها يتم تبدده . ان هذا الفقد يشكل حوالي 25% وفقط 75% يمتص من قبل الكساء الخضري . تشكل الاشعة الفعالة لعملية التركيب الضوئي (PAR) حوالي 40 – 50 % من الاشعة الكلية والتي يستفاد منها في عملية التركيب الضوئي . لذا فان نسبة الاشعة الفعالة (PAR) الممتصة $(75 \times \frac{40}{100})$ 30 وبما ان كفاءة تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون حوالي 20% لذا فان كمية الاشعاع الشمسي المنتفع منها بعملية التركيب الضوئي تكون نسبتها $(30 \times \frac{20}{100}) \times 6$. من جهة اخرى فان كمية الاشعة الشمسية المنتفع منها في عملية التركيب الضوئي تشكل 3% في نباتات رباعية الكاربون (C_4) تحت عوامل انتاج غير محددة لكن تحت الظروف الحقلية فان الكفاءة الحقيقية تشكل من 1 الى 2% .

ان القاعدة الاساسية لزيادة الحاصل هو زيادة حصاد مزيد من طاقة الشمس . وان كل ممارسات ادارة المحصول مثل موعد الزراعة المثالي والكثافة النباتية واضافة

الاسمدة والري وغيرها هي لزيادة استغلال الانتفاع من طاقة اشعة الشمس بشكل كفوء المراحل الحساسة وكفاءات التحويل يجب ان يتم فهمها جيدا .

المراحل الحساسة للطاقة الشمسية

Sensitive Stages For Solar Radiation

بالمعنى الواسع فان الاوراق تعد مصادر (sources) لكاربوهيدرات الحبوب بينما الاعضاء الخازنة للكاربوهيدرات تسمى مصبات (sinks) . في بعض المحاصيل مثل الرز والحنطة وغيرها فان المصدر يكون غير محدود ولكن الحاصل الاقصى يكون اقل وذلك لقلة عدد الاعضاء الخازنة وهكذا فان المحاصيل المحدودة المصبات (sinks – limited crops) ، فان الاشعاع الشمسي بكمية كافية يكون ضروري خلال مدة تكون الاعضاء الخازنة لاسيما في المرحلة من نشوء الداليات الى التزهير . في بعض المحاصيل المصدر يكون محدودا لذا فان الاشعة الشمسية تكون حرجة خلال مرحلة امتلاء الحبوب . الاشعاع الشمسي القليل خلال مرحلة امتلاء الحبوب ينتج عنه عدد كبير من الحبوب غير الممتلئة .

كفاءة التحويل Conversion Efficiency

كفاءة التحويل للاشعة الممتصة الى مادة جافة يقع مع عمر المحصول . الاصناف تختلف في كفاءة انتفاعها من طاقة الاشعاع لانتاج المادة الجافة فلقد تم تقييم احد اصناف الحنطة والذي لوحظ انه يختلف في كفاءة انتفاعه من طاقة الاشعة الشمسية بمقدار ثلاث اضعاف من اصناف اخرى . هذه ربما تعود الى مقدرة ذلك الصنف في اعتراض الضوء وكفاءة تحويل الضوء المعترض الى طاقة كيميائية (مادة جافة) .

كفاءة الانتفاع من طاقة الاشعة الشمسية تكون اعلى مايمكن في مرحلة التزهير في محاصيل عدة . كفاءة التحويل تتراوح بين 3.700 الى 4.100 سعرة / غم مادة جافة وبمعنى اخر لانتاج غم واحد من المادة الجافة نحتاج الى 3.700 الى 4.100 سعرة من طاقة الاشعة الشمسية المنتفع منها .

العوامل التي تؤثر في استغلال الطاقة الشمسية

Factors Influencing Utilization of Solar Energy

يزداد استغلال الطاقة الشمسية بزيادة مستويات الري . النيتروجين له تاثير اقل في عملية تحويل الضوء المعترض الى مادة جافة . ان اهمية تاثير النيتروجين في النمو والحاصل تاتي من خلال زيادة كمية الاشعاع المعترض الكلي . النيتروجين يزيد من دليل المساحة الورقية بزيادة عدد التفرعات . المساحات الورقية المفرطة تطيل من عمر الاوراق . الكثافة النباتية العالية تزيد من استغلال الطاقة الشمسية كنتيجة لزيادة دليل المساحة لورقية (LAI) . الاستغلال من الطاقة الشمسية يتاثر بالوقت خلال اليوم و وجود الغيوم من عدمها . عند دليل مساحة ورقية واطئة فان نفاذ واعتراض الاشعة الفعالة يكون عاليا عند اكبر زاوية للورقة ، فمثلا عند منتصف النهار ووجود سماء صافية كما لو ان دليل المساحة الورقية يزداد فان تاثير زاوية سقوط الاشعاع والغيوم تكون ذا تاثير اقل على عمليتي النفاذ والاعتراض للاشعة . لذا فان استغلال الطاقة الشمسية يكون عال خلال الصباح ويقل باقتراب منتصف النهار لتزداد بعد منتصف النهار الى المساء وفي يوم غائم فان الانتفاع من كل طاقة الاشعاع يكون افضل والتدوير التذبذبي يكون اقل .

تاثير درجة الحرارة على المحاصيل الحقلية

Effect of Temperature on Field Crop

معدل درجة الحرارة هي عبارة عن متوسط درجتي الحرارة العليا والدنيا . ان درجة الحرارة الاعلى والاقل (higher or lower) تشير الى درجة الحرارة الاعلى والاقل عن درجة الحرارة المثلى (optimum) .

درجة الحرارة الشاملة Cardinal Temperature

لكل نوع نباتي هناك درجة حرارة عليا (maximum) ودنيا (minimum) واللذان يكون بينهما النمو وخارجهما يتوقف النمو او يصبح لا قيمة له اما درجة الحرارة المثلى (optimum) هي الدرجة الحرارية التي يكون عندها النمو اعلى ما يمكن . اغلب المحاصيل يكون افضل نمو لنباتاتها عند 15 م^{0} الى 55 م^{0} . كما ان هناك درجة حرارة مثلى لكل مرحلة من مراحل نمو النبات . ان درجة الحرارة العليا والدنيا والمثلى للمحصول تسمى درجة الحرارة الشاملة او الرئيسة (cardinal temperature) .

محاصيل الموسم البارد Cool Season Crops

المحاصيل التي تنمو جيدا في الاجواء الباردة تسمى محاصيل الموسم البارد وهي بشكل عام تنمو في درجات حرارة تتراوح من 30 م^{0} - 38 م^{0} ومن المحاصيل المهمة لهذه المجموعة الحنطة والشعير والشوفان والبطاطا وغيرها . ويطلق على هذه المحاصيل كذلك محاصيل الحرارة المعتدلة لانها تزرع على الاغلب في الاقاليم المعتدلة الحرارة . درجة الحرارة الرئيسية لمحاصيل الموسم البارد تكون كالاتي .

العليا تتراوح بين 30 م^0 - 38 م^0 والدنيا تتراوح بين صفر م^0 - 5 م^0 والمثلى تتراوح بين 25 م^0 - 30 م^0 .

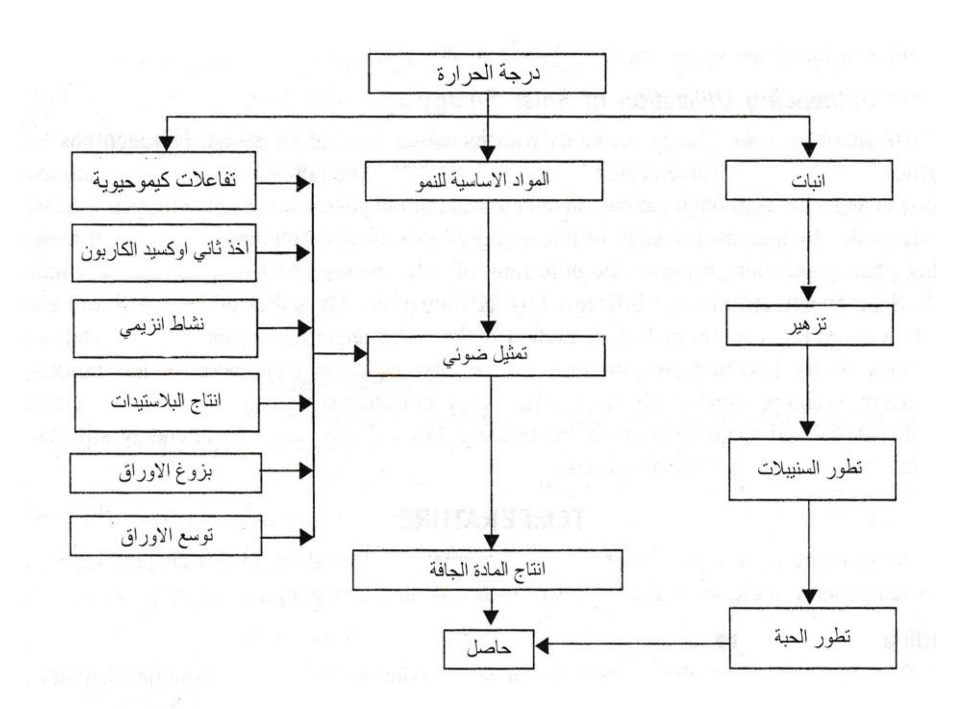
محاصيل الموسم الدافئ Warm Season crops

من محاصيل الموسم الدافئ الرز والذرة الصفراء والذرة البيضاء والقطن والدخن وفستق الحقل والماش واللوبيا وقصب السكر وغيرها . وتسمى هذه المحاصيل كذلك بالمحاصيل الاستوائية (tropical crops) وهي عادة ما تزرع في الربيع وبعضها في الصيف . درجة الحرارة الرئيسة لمحاصيل الموسم الدافئ هي كالاتي : العليا تتراوح بين 45 م^0 - 50 م^0 والدنيا تتراوح بين 15 م^0 - 20 م^0 والمثلى بين 30 م^0 - 38 م^0 .

تاثير درجة الحرارة في النمو

Influence of Temperature on Growth

توثر الحرارة في نمو وحاصل المحصول بطرائق عدة كما في الشكل (5.3)



شكل5.3.مخطط يوضح تاثيرات الحرارة فى عمليات نمو النبات

الفعالية (النشاط) الانزيمية Enzymatic Activity

درجة الحرارة تزيد من نشاط انزيمات معينة مهمة في اختزال مركبات الكاربون التي تتضمن رايبولوز داي فوسفيت ديهايدروجينيز وكلسيرالديهايدوجينيز في بادرات الذرة الصفراء تقل فعالية التركيب الضوئي بنسبة 66% عند درجة حرارة منخفضة (اقل من 10م^0) .

سرعة التركيب الضوئي Rate of Photosynthesis

تقل سرعة التركيب الضوئي نتيجة للاختزال في درجات الحرارة . نباتات الذرة الصفراء المعرضة لدرجات حرارة منخفضة (10م^0) لمدة عشرة ايام تنخفض سرعة التركيب الضوئي فيها بنسبة 33% مقارنة بالنباتات غير المعرضة لتلك الدرجة الحرارية . درجة الحرارة المثلى لعملية التركيب الضوئي كذلك تقل من 26.6 - 24.3 م^0 بينما تزداد مع زيادة الاشعاع الشمسي وحتى في حالة التعرض لمدة قصيرة لدرجات حرارة اقل او اكثر من المثلى فأنها تسبب اختزالا في سرعة التركيب الضوئي . سرعة التركيب الضوئي يتم معالجتها (Recover) في كل الاوراق بعد اجهاد درجات الحرارة المنخفضة بعد تخفيف ذلك الاجهاد وفي حالة الاجهاد الحراري الناجم عن ارتفاع درجات الحرارة فان الاوراق الفتية هي القادرة فقط على معالجة استعادة سرعة التركيب الضوئي .

تطور التراكيب الداخلية للتركيب الضوئي

Development of Photosynthetic Infrastructure

تؤثر درجات الحرارة تاثيرا جدير بالاهتمام على تخليق الكلوروفيل وتطور المساحة الورقية . اذ تحث درجات الحرارة على انتاج البلاستيدات الخضراء . في ظروف درجات الحرارة المنخفضة تصبح الاوراق صفراء نتيجة لتحلل الكلوروفيل. تكون نباتات الذرة الصفراء النامية في درجات حرارة منخفضة (15م^0) ذات بلاستيدات قليلة الحبيبات وكلورفيل اقل من تلك النامية تحت درجات حرارة اعلى . كذلك تكون فعالية النظام الضوئي الثاني (PSII) اقل في نباتات الذرة الصفراء النامية تحت درجات حرارة منخفضة . و الشيء نفسه فان محتوى الكلوروفيل في اوراق الرز يكون اقل تحت درجات الحرارة المنخفضة (9 م^0) ومع انخفاض درجات الحرارة فان انتاج الكلورفيل يكون اكثر شدة بالتاثر .

درجة الحرارة تتحكم ببزوغ الاوراق وتوسعها . اذ ان سرعة بزوغ الورقة له علاقة مباشرة بدرجة الحرارة اليومية . اذ تبزغ الاوراق بمدة اقصر بزيادة درجات الحرارة في الذرة الصفراء يزداد عدد الاوراق تقريبا بمقدار 0.3 ورقة لكل زيادة في درجة حرارة التربة درجة حرارية واحدة .

التاثير في المواد الاساسية للنمو

Influence on Growth Substance

عند درجة الحرارة المثلى فان فعالية الاوكسينات والجبرلينات والسايتوكاينينات (محفزات النمو) تكون عالية بينما فعالية حامض الابسيسك تكون منخفضة مما ينتج عنه زيادة في سرعة النمو . سرعة عالية لنمو بادرات الذرة الصفراء في درجة حرارة 25م^0 يرافقه فعالية عالية للاوكسينات والجبرلينات والسايتوكاينينات وفعالية منخفضة

لحامض الابسيسك والعكس يحصل فوق درجة حرارة 46م^{0} وتحت 4م^{0} . اضافة حامض الجبرلين الى حد ما يزيد النمو ويزيل التاثير التثبيطي لدرجات الحرارة العالية.

انتاج المادة الجافة Dry Matter Production

استجابة انتاج المادة الجافة لدرجات الحرارة تعتمد على مرحلة نمو المحصول ودرجة الحرارة المثلى . عموما يزداد النمو بزيادة درجة الحرارة حتى يصل اقصاه عند درجة الحرارة المثلى بعدها يبدأ بالتناقص . درجة الحرارة العالية خلال مرحلة نضج الذرة الصفراء تقلل من تراكم المادة الجافة بينما درجة الحرارة الاعلى من الاعتيادية تزيد من النمو خلال التزهير الذكري والانثوي والامر نفسه فان تراكم المادة الجافة في الحنطة يقل تحت درجات الحرارة العالية قبل النضج الا انه يزداد في المراحل الخضرية المبكرة من حياة النبات . درجة الحرارة المثلى في المراحل المتاخرة في حياة الرز تكون اقل من درجة الحرارة المثلى المطلوبة في المراحل المبكرة . معدل نمو القرنات وحاصل القرنات لفستق الحقل يتاثر جوهريا وبصورة ايجابية بالتغيير اليومي لدرجة الحرارة والتي تقدر بحوالي 69.0 % الى 63 % تغايرات في نمو وحاصل القرنات على التتابع .

تاثير درجة الحرارة على التطور

Influence of Temperature on Development

للحرارة تاثير كبير على معدلات التطور مثل سرعة الانبات ، نشوء الازهار والتفريع والتزهير ونشوء السنيبلات وامتلاء الحبوب كل العمليات التطورية هذه تكون سريعة تحت درجات الحرارة العالية . الانبات والبزوغ ياخذ من اطول مدة تحت درجات الحرارة المنخفضة وحال زيادة درجات الحرارة فان سرعة الانبات والبزوغ تزداد . وعندما تتم الزراعة في تموز (درجات الحرارة العالية) فان الذرة الصفراء

تستغرق من 5 الى 7 يوما للبزوغ بينما الزراعة بذور المحصول نفسه في شهر اذار تستغرق 15 الى 20 يوم حيث الحرارة منخفضة .

نشوء الاوراق يتم حثه بزيادة درجة الحرارة . سرعة نشوء الاوراق تتضاعف تقريبا بزيادة درجة الحرارة ، تزداد معدلات التفريع وليس مدة التفريع هي الاخرى بزيادة درجات الحرارة . تطور البادرات يتم بدرجة اسرع بزيادة درجات الحرارة . تعمل الحرارة على حث التزهير . في الذرة الصفراء تقل المدة الزمنية من البزوغ حتى التزهير بزيادة درجة الحرارة وربما تكون هناك محاسن ومساوئ تعتمد على المحصول ففي محاصيل الفصل الدافئ مثل الحنطة فان المدة الزمنية لتطور السنيبلات يكون اطول تحت حرارة 18م^0 . وعدد الحبوب للسنبلة يقل اذا زادت درجات الحرارة عن 18م^0 . في الذرة الصفراء يزداد عدد المبايض بزيادة درجات الحرارة ، يزداد طول القرنة في فول الصويا بزيادة درجات الحرارة .

تشكل الحاصل Yield Formation and Yield

تاثير درجات الحرارة على تكون الحبوب وامتلاء الحبوب وحاصل الحبوب يبدو معقدا . في الرز درجات الحرارة المنخفضة خلال مرحلة نشوء الداليات الى التزهير ينتج عنه تكون عدد كبير من الحبوب للنبات نتيجة اطالة المدة الزمنية لتلك المرحلة لذلك فان الحاصل يزداد عندما تطول هذه المدة . ملئ الحبوب يكون اسرع بزيادة درجات الحرارة وهذه تقلل من مدة ملئ الحبوب في محاصيل عدة . في الذرة الصفراء فان مدة ملئ الحبوب تقصر بمقدار 3.1 يوم لكل درجة مئوية زيادة في اليوم الواحد وان معدل الحرارة و وزن الحبة يقل بمقدار 2.9 ملغم / درجة مئوية . معدل نمو الحبة يكون اعلى ما يمكن عند درجة حرارة 30م^0 مقارنة بدرجة حرارة 15م^0 الا ان مدة امتلاء الحبة تكون اقصر . في الحنطة درجة حرارة اعلى من 19م^0 تؤدي الى قصر مدة امتلاء الحبوب . زيادة درجات الحرارة مع قلة ضوء الشمس ربما تؤدي الى

اختزال في حجم الحبة بسبب قصر مدة الامتلاء . النضج يكون اسرع بزيادة درجات الحرارة لكن كمية كافية من نواتج التركيب الضوئي تكون غير جاهزة عندما يتعرض المحصول للأشعاع الشمسي مدته قصيرة .

درجات الحرارة العالية تثبط تحلل النشأ ، حبوب الذرة الصفراء المزروعة تحت درجة حرارة 35م^{0} لها وزن جاف اعلى من تلك النامية تحت درجات حرارة منخفضة اذ تسبب الاخيرة تواجد سكر ذائب غير محدد التركيب . من جهة اخرى فان نمو الحبة يتوقف خلال مدة 14 يوم تحت ظروف الاجهاد الحراري مقارنة بـ 28 يوم تحت الظروف الاعتيادية . ان المحتوى العالي من السكر الذائب للحبوب المجهضة ربما يعبر عن تثبيط بناء النشأ . شيخوخة الاوراق تعتمد بدرجة كبيرة على درجة حرارة الهواء . محدودية امتلاء الحبوب وشيخوخة الاجزاء الخضرية فان حدوثها يعتمد كلاهما على الاخر ولها علاقة بخصوصية الصنف المزروع تحت ظروف الحرارة العالية الجافة فان اصناف الحنطة ذات المعدلات العالية لامتلاء الحبوب ومدة الامتلاء القصيرة يمكن ان تنتج حاصلا عاليا . في الذرة الصفراء درجة الحرارة اعلى من 35م^{0} اثناء النهار و 25م^{0} اثناء الليل بشكل رئيس تقلل من تراكم المادة الجافة خلال مدة امتلاء الحبوب. ان الاختزال في تراكم المادة الجافة اوليا له علاقة بالاختزال الذي يحصل في المدة من 18 يوم بعد خروج الحريرة الى 100% شيخوخة .

تاثير درجات الحرارة على توزيع المادة الجافة لاسيما الى الجزء الاقتصادي من المحصول يعتمد على المحصول . درجات الحرارة ذات تاثير قليل على توزيع صافي التركيب الى داليات الدخن اللؤلؤي لكن لها تاثير كبير على توزيع صافي التركيب الى قرنات فستق الحقل . درجات الحرارة تزيد من الاجزاء غير الحاملة للحبوب في سنابل الحنطة وتتراكم سكريات غير ذائبة في القنابع . ان جزء من النيتروجين الكلي للسنابل والذي يخزن في الحبوب يكون اعلى تحت درجة حرارة 15م^{0} و 21م^{0} منه الى 25م^{0} . شدة الضوء القليلة ودرجات الحرارة المنخفضة يقللان

عملية التركيب الضوئي وتعيق عملية تحريك نواتج التركيب الضوئي من ورقة العلم الى السنابل . الجذور تتضرر ويقل انتقال الفسفور من الجذور الى الداليات او السنابل.

الاضاءة والحرارة القليلتان تقللان من عدد الحبوب الممتلئة وحاصل الحبوب. الحرارة والاشعاع الشمسي تقدر نسبة تاثيرهما في تغايرات الحاصل للذرة الصفراء بحوالي 91% تحت ظروف رطوبة جاهزة غير محددة .

الآفات Pests

تؤثر درجة الحرارة في النمو وتؤدي إلى مضاعفة أعداد الحشرات وبالتالي فأنهما يتوافقان على المحصول . الأضرار التي تحصل لفستق الحقل نتيجة حفارات الأوراق يكون مهما ويرتبط ارتباطا موجبا مع درجات الحرارة الباردة في الأيام الأولى من الصيف سوف تقلل من كثافة قارضات الأوراق في السنة اللاحقة . وبالجانب الأخر فان الدفء في الخريف ربما ينتج عنه زيادة كبيرة في أعدادها خلال الشتاء . الأمطار القليلة ودرجات الحرارة العالية و رطوبة نسبية معتدلة ومستويات عالية من أشعة الشمس التي تلاحظ خلال المدة من أيلول إلى آذار تشجع نمو وتطور الذبابة البيضاء . تؤدي درجة الحرارة العليا والدنيا 33.8 م^{0} و 18.6 م^{0} على التتابع و رطوبة نسبية مقدارها 61% إلى حث تطوير يرقات Spodoptera litura تحت الظروف الحقلية . تؤثر درجة الحرارة ، الرطوبة النسبية ، الأمطار والشمس المشرقة إلى حد 30% في أعداد الآفات أي زيادة درجة واحدة في الحرارة الدنيا تؤدي إلى زيادة أعداد بالغات حشرات الأوراق بمقدار 0.10 حتى يصل معدل درجة الحرارة إلى 24م^{0} . أعداد المن على الخردل لها ارتباط موجب مع درجات الحرارة ، الجو الجاف والبارد يؤدي إلى تقليل سرعة تطور المن. على أي حال الإصابة Meruca vitrata ترتبط ارتباطا موجبا مع درجات الحرارة . درجة الحرارة الدنيا في الشتاء وتساقط الأمطار المتأخر يؤثر على النباتات العائلة ويبدو ليكون المعيار الجوي الرئيسي ليؤخذ

بنظر الاعتبار للتنبؤ بأعداد المن (كثافة الحشرة) في بداية الربيع ، ومن كل المعايير المناخية فان درجات الحرارة والوحدات الحرارية (heat unit) تبدو الأكثر أهمية لترتبط بقوة وجوهرية مع نشوء المن وتاريخ وصول كثافة الحشرة إلى حدها الأعلى .

تؤثر درجة الحرارة العليا والدنيا والرطوبة النسبية في الكثافة العددية للعث *Pectinophora gossypiella* و دودة جوز القطن *Earias insulana* . هناك علاقة ارتباط موجبة قوية سائدة بين التغيرات في الكثافة العددية لكل جيل ومتطلباته من الوحدات الحرارية المتراكمة . هناك ارتباط موجب لمتوسط أعداد الثربس مع درجات الحرارة العليا والدنيا .

الأمراض Diseases

كثافة مرض لفحة البطاطا المبكر لها ارتباط سالب وجوهري مع معدل درجة حرارة الهواء . نتائج تحليل الارتباط والانحدار أشارت إلى إن درجة الحرارة الدنيا ترتبط مع حدوث مرض اللفحة في الرز . حدوثها يزداد تحت درجات الحرارة المنخفضة . درجة الحرارة 30م^0 وما فوق تشجع إنبات سبورات الفطر *Levellula taurica* المتسببة لمرض البياض الدقيقي على الطماطة . درجة الحرارة العليا تقلل استطالة الأنبوب السبوري وتطور المرض . نمو مرض Lesion وسرعة تقدم المرض تكون اعلى وبشكل جوهري في 20م^0 منه في درجة 25م^0 .

درجة النمو اليومية Growing Degree Day (GDD)

الوحدات الحرارية (Heat units) او درجة النمو اليومية Growing Degree Day مفهوم يستعمل لتوضيح العلاقة بين مدة النمو ودرجة الحرارة وهذا المفهوم يحسب العلاقة المباشرة والخطية بين درجة الحرارة والنمو .

درجة الحرارة اليومية للنمو او الوحدات الحرارية هي متوسط لدرجة الحرارة فوق درجة الحرارة الاساس (Base Temperature) ورياضيا يمكن التعبير عنها كما ياتي :-

$$\textbf{Growing Degree Day} = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{T\,max+T\,min}{2} \right] - T_b$$

اذ ان :-

Tmax و Tmin :- هما درجتا الحرارة اليومية العليا والدنيا على التتابع

T_b :- هي درجة حرارة الاساس (وهي اقل درجة حرارة يتوقف عندها النمو ويبدأ فوقها مباشرة) والجدول (8.3) يبين درجة حرارة الاساس لبعض المحاصيل

جدول 8.3. درجة حرارة الاساس لبعض المحاصيل

المحصول	درجة حرارة الاساس (م^0)	المصدر
حنطة	4.5	Nuttonson ، 1955
رز	10.0	Jiang ، 1982
ذرة صفراء	10.0	Andrew واخرون ، 1956
دخن	10.0	Squire , Dug ، 1984

على الرغم من ان الدرجة اليومية مفهوم بسيط جدا الا ان هناك نقصا في سلامته من الناحية النظرية اذ ان هناك محددات لهذا المفهوم منها :-

1- ان هذا المفهوم يقدر العلاقة بين الحرارة والتطور على انها علاقة خطية الا انه في الحقيقة ان العلاقة خطية منحنية (curve linear) .

2- يعطي اهمية اكثر لدرجة الحرارة العليا رغم ان لها تاثير على النمو ربما يكون سلبيا .

3- التغاير اليومي (diurnal variation) لم يؤخذ بنظر الاعتبار والذي له تاثير مهم على النمو اذ ان درجات الحرارة عندما تزداد او تنخفض فان النمو لا يتحقق مباشرة وفق الوحدات الحرارية المتجمعة انما ياخذ النبات مدة لكي يتوافق مع درجة الحرارة الجديدة .

4- لايسمح بتغيير درجة الحرارة الاساس مع تقدم مرحلة النمو لتطور المحصول فهو يعتمد درجة حرارة اساس واحدة من البزوغ وحتى النضج رغم ان درجة الحرارة المنخفضة في المراحل المبكرة من حياة النبات ربما يكون لها قيمة في النمو والتطور ونفس الدرجة في مراحل متاخرة تكون ضارة فدرجة حرارة 5م^0 ومافوق في مرحلتي البادرات والتفريع في الحنطة ربما لها قيمة تؤثر في النمو والتطور الا ان هذه الدرجة تؤدي الى عدم حصول التلقيح والاخصاب في مرحلة التزهير اي ذات تاثير ضار لذلك كيف تؤخذ نفس الدرجة كاساس للنمو في جميع مراحل النبات .

لذلك للتخلص من هذه المساوئ فان تحويرا قد اقترح من قبل علماء عدة وافضل ما اقترح هو ما جاء به Iwata عام 1975 ، رغم ان اي دليل له محاسن ومساوئ الا ان مفهوم درجة الحرارة اليومية والوحدات الحرارية الضوئية (photothermal) تبقى الاكثر قبولا

ان حساب درجة الحرارة اليومية للنمو تساعدنا في التنبؤ في موعد الحصاد وهي مفيدة ايضا في تحديد الموعد الامثل لزراعة الاصناف وذلك بالاعتماد على الوحدات الحرارية المطلوبة لكل مرحلة تطورية . بشكل عام فان النمو يحسب ليكون قيمة نسبية للاشعاع الشمسي المعترض وسرعة التطور الى درجات الحرارة اليومية المتراكمة فوق درجة حرارة الاساس التي تم تحديدها مسبقا .

الوحدات الحرارية الضوئية Photo thermal Units

طول النهار والليل هما احد العوامل الاساسية التي تتحكم بمدة النمو الخضرية لاصناف المحاصيل الحساسة للضوء لذا فان الوحدات الحرارية المتراكمة لا تصلح

لان تستعمل في توقع مواعيد مراحل تطور ونضج الاصناف الحساسة للضوء لذا فان الوحدات الحرارية الضوئية تصبح اكثر اهمية ويتم الحصول عليها من حاصل ضرب الوحدات الحرارية اليومية (GDD) في طول الليل اوطول النهار . القاعدة الاساسية هو ان التزهير يحث بزيادة طول الليل في نباتات قصيرة النهار ، بينما في نباتات طويلة النهار فان التزهير يتاخر عندما يزداد طول الليل ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة الاتية :

$PTU = \sum^{n}_{i=1}$ (GDD × طول الليل او النهار

اذ ان :-

PTU :- Photothermal Units الوحدات الحرارية الضوئية

GDD :- Growing – Degree Days درجات الحرارة اليومية للنمو

تطبيقات الوحدات الحرارية والحرارية اليومية

Application of Heat and Degree – Days

تقليديا ان دورة حياة المحاصيل تؤخذ بمفهوم الوقت (مدة دورة الحياة) فمن المعروف ان الفعاليات الفسيولوجية مثل النمو والتطور تتاثر بالحرارة ، فالبذور اذا ما زرعت في تربة باردة فان الانبات والنمو سوف يكونا بطيئين مما يؤدي الى اطالة دورة حياة النبات لذا فمن الضروري الاخذ بنظر الاعتبار درجة الحرارة بالحسبان عند وصف دورة حياة النبات وهذا الاساس لحسابات درجة الحرارة واستعمال الوحدات الحرارية في انتاج المحاصيل ، فالارتباط بين درجة الحرارة والنمو يستعمل من قبل

المنتجين لتوقع مواعيد الحصاد للمحاصيل وكذلك لتحديد مدى تكيف انواع واصناف المحاصيل لظروف اي منطقة . مربوا النبات ربما يستعملون تلك التقديرات للتعرف على الاباء التي يستعملونها في برامج انتاج الهجن للحصول على افضل النتائج في اللقائح .

حسابات الوحدات الحرارية يجب اعتبارها فقط على انها تقريبية وتحسب الوحدات الحرارية وفق المعادلة الاتية :-

الوحدات الحرارية = (الدرجة الحرارية اليومية الصغرى + الدرجة الحرارية اليومية العظمى / 2) – درجة حرارة الاساس

درجة حرارة الاساس هي اقل درجة حرارية يتطلبها النمو اي يبدأ بعدها النمو وتختلف من نوع الى اخر فهي تعتبر (40 ف^0 للحبوبيات و 60ف^0 للقطن) ان عدد الوحدات الحرارية المتراكمة في اسبوع للذرة الصفراء على سبيل المثال بدرجة حرارية صغرى مقدارها 50ف^0 وعظمى مقدارها 86ف^0 والتي يمكن ان تحسب كالاتي (جدول 9.3) :-

جدول 9.3.احتساب الوحدات الحرارية لمدة اسبوع مبينا التجميع الحراري الكلي للاسبوع

اليوم	العظمى ف^0	الصغرى ف^0	متوسط الحرارة ف^0	الحرارة اليومية (DD)
1	68	60	64	14
2	88	60	73	23
3	80	90	85	35
4	85	99	92 (86)	0
5	52	60	56	6
6	44	50	47	0
7	60	72	64	14
الوحدات الحرارية المتجمعة = 146 وحدة				

الدرجة اليومية (degree – days) لاتكون سالبة ونفس الشيء بالنسبة للوحدات الحرارية لايمكن ان تتجمع عندما تكون درجة الحرارة فوق الدرجة الحرارية العليا المطلوبة للنبات . ولتقدير اكثر دقة فان التجميع الحراري ربما يكون تجميعه على اساس كل ساعة (مثال ساعة درجة) ففي اليوم الرابع في الجدول الانف فان متوسط درجة الحرارة 92 ف^0 وهو اعلى بست درجات من اقصى درجة مطلوبة للذرة وهي 86 ف^0 وهكذا لايوجد تجميع حراري في ذلك اليوم ونفس الشيء فان المعدل لليوم السادس كان اقل من 50 ف^0 لذا فان لا تجميع حراري في ذلك اليوم. بعض المحاصيل البستنية مثل (التفاح – المشمس والكرز) تحتاج ان تتعرض ولمدة زمنية تحت درجات حرارة باردة قبل ان تثمر وفي هذا الحالة فان وحدات حرارية معاكسة تسمى ايام برودة (chilling days) يتم حسابها لتلك المحاصيل. احياء التربة الدقيقة التي تنشط في دورات العناصر المغذية تعمل بكفاءة اعلى في درجات حرارية (27 – 32 م^0 او 80 – 90 ف^0) وفي درجات حرارة الاقل من 10م^0 (50 ف^0) فان الاحياء التي تقوم باكسدة ايون الامونيوم الى ايون النترات تكون اقل ما يمكن . منتجوا المحاصيل ربما يستفيدون من مزايا تلك الحقيقة من خلال اضافة اسمدة الامونيا الى الترب الباردة في الربيع وبهذه الطريقة فان ايون الامونيوم سوف لا يتاكسد الى نترات (الذي يكون عرضه للغسل) الى ان ترتفع درجة حرارة التربة وفي الوقت الذي تصبح فيه النترات جاهزة فان النبات سوف ينمو بشكل كاف ليقوم بامتصاصها . ومن الطبيعي هناك اختلاف بين احياء التربة الدقيقة بدرجة حساسيتها للحرارة .

درجات الحرارة المتطرفة Extreme Temperature

ان اي نقص او زيادة في اي عامل من عوامل النمو يسمى شد (stress) تسبب درجة الحرارة العالية او المنخفضة جدا شدا للمحاصيل ينجم عنه اجهاد . تاتي استجابة النبات الفسيولوجية للاجهاد من خلال تكسير المركبات المعقدة الى نواتج

بسيطة . الكربوهيدرات مثلا تتكسر الى سكريات بسيطة والبروتين الى احماض امينية . تزيد الحرارة العالية من تركيز الاحماض الامينية في الجذور والجزء الخضري . اجهاد الحرارة المنخفضة ينتج عنه تراكم حامض الابسيسك ، تقوم الاصناف المقاومة للبرودة بتجميع كميات اكبر من حامض الابسيسك خلال التعرض للبرودة . اضافة حامض الابسسك يقلل من ترشح الالكتروليدات من الورقة ويمنع تحلل اللون فيها وفقدان الوزن الطري . اضافة حامض الابسيسك والبرودة يزيدان من محتوى السكريات وانتاج حامض الابسيسك الطبيعي كما ان تحطم المركبات المعقدة من الاليات المهمة لمقاومة الاجهاد الحراري .

اجهاد الحرارة العالية High Temperature Stress

الحرارة العالية لها تاثير عكسي على التغذية المعدنية ، ونمو الجزء الخضري وتطور حبوب اللقاح ما ينجم عنه نقص في الحاصل وكما ياتي :

التغذية المعدنية Mineral Nutrition

يسبب اجهاد الحرارة العالية نقصا في امتصاص العناصر الغذائية وبالتالي نقصا في تمثيل المغذيات . امتصاص الكالسيوم يقل عند درجة حرارة 28م^0 ، في الذرة الصفراء ، امتصاص النبات للمغذيات يتاثر بكل من درجة حرارة التربة والهواء مثلا في الرز او الحنطة انحراف درجة الحرارة عن الدرجة المثلى يغير من محتوى الفسفور ونسبة النيتروجين الى الفسفور (P:N) ، فعالية انزيم مختزل النترات (nitrate reductase) تنخفض بتاثير الحرارة العالية (40م^0 في النهار و 28م^0 في الليل) بنسبة 35% ، محتوى الحبوب من البروتين يقل في درجة حرارة 27م^0 / 12م^0 النهار / الليل مقارنة مع 22م^0 نهار / 12م^0 ليل . ان الاختزال في محتوى البروتين يمكن ان يعزى الى نقص فعالية انزيم مختزل النترات .

نمو الجزء الخضري Shoot Growth

الحرارة العالية ولو لمدة قصيرة تؤثر في نمو المحصول خصوصا في محاصيل الموسم الدافئ مثل الحنطة ، تقلل حرارة الهواء العالية من نمو الاجزاء الخضرية للنبات وما ينعكس من ذلك في تقليل نمو الجذور من جهة اخرى فان درجة حرارة التربة المرتفعة اكثر حراجة في حصول ضرر للجذور منه الى قلة نمو الاجزاء الخضرية . درجة الحرارة المرتفعة عند 38م^0 فما فوق تقلل من ارتفاع نبات الرز واستطالة الجذور مما ينتج عنه مجموع خضري ضعيف .

تطور حبوب اللقاح Pollen Development

ارتفاع درجة الحرارة خلال مرحلة البطان في الحنطة ينتج عنه اجهاض حبوب اللقاح . درجة الحرارة اكثر من 27م^0 تسبب عدم تطور المتوك وفقدان حيوية حبوب اللقاح . درجة الحرارة عند 30م^0 ولمدة يومين في مرحلة الانقسام الاختزالي تؤدي الى تقليل حاصل الحبوب وذلك من خلال تقليل عقد البذور . ان قلة عقد البذور تعزى ليس فقط الى اجهاض حبوب اللقاح فحسب وانما لها علاقة بقلة الخصوبة الانثوية .

اجهاد الحرارة المنخفضة Low Temperature Stress

تؤثر الحرارة المنخفضة في محاصيل عدة وذلك من خلال مظاهر مختلفة مثل بقاء النبات على قيد الحياة والانقسام الخلوي والتركيب الضوئي ونقل الماء والنمو واخيرا الحاصل . اجهاد الحرارة القليلة (البرودة او الانجماد) يحدث بشكل رئيس نتيجة تساقط الجليد في خطوط العرض والطول العليا .

بقاء النبات Plant Survival

تقاوم محاصيل المناطق الدافئة مثل الحنطة والشعير درجة الحرارة المنخفضة لاسيما في المراحل المبكرة من حياة النبات وحينما يصل سمك طبقة الجليد 5 سم لمدة 130 يوم فان هناك عشرات الاصناف من بين مئات الاصناف تستطيع البقاء تحت الجليد لمدة طويلة .

انقسام الخلية واستطالة الخلية

Cell Division and Cell Elongation

اجهاد الحرارة المنخفضة ينتج عنه اعاقة استطالة الخلية اكثر من مقدرتها على الانقسام وعلى اي حال نمو الورقة يحث مرة اخرى بعد توقفه نتيجة التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة وذلك بعد عودة الحرارة للارتفاع مرة اخرى . استجابة النبات هذه تشبه ظروف الاجهاد الرطوبي .

التركيب الضوئي Photosynthesis

عندما تتعرض نباتات رباعية الكاربون (C_4) مثل الذرة الصفراء الى درجات حرارة منخفضة لمدة قليلة مثلا 10م^0 فان فعالية انزيم (pyruvate dikinase) تنخفض مما ينتج عنه قلة معدل التركيب الضوئي ، المحاصيل تتعرض لدرجات حرارة منخفضة سواء اكانت موجات باردة او صقيع . واذا ماحصل انخفاض فجائي في درجة الحرارة اكثر من 4م^0 فان النباتات تصبح عديمة اللون والجذور شاحبة وذات نشاط اقل . هذا النمط السلوكي يلاحظ في محصولي الحنطة والرز .

نقل الماء Water Transport

تسبب قلة الحرارة اجهاد مائي لان دخول الماء الى النبات سيتقيد بالحرارة المنخفضة وذلك لانخفاض نفاذية الاغشية الخلوية وزيادة لزوجة الماء. نشاط نقل الماء من الجذور الى الاجزاء الخضرية يتوقف عند درجات الحرارة المنخفضة .

النمو الخضري Vegetative Growth

تفضل محاصيل الموسم الدافئ الحرارة المنخفضة خلال مراحل النمو الخضرية بينما المحاصيل الاستوائية تحتاج الى حرارة عالية . درجة الحرارة المثلى تختلف تبعا لاختلاف مرحلة النمو . في محاصيل الموسم الدافئ درجة الحرارة المثلى تكون واطئة في المراحل المبكرة من حياة النبات وتكون مرتفعة في المراحل المتاخرة . درجة الحرارة المثلى للنمو الخضري و التكاثري ومراحل نمو وتطور الحبة هي 10م^0 ، 18م^0 و 20م^0 على التتابع . في المحاصيل الاستوائية درجة الحرارة المثلى تكون مرتفعة في المراحل المبكرة ومنخفضة في المراحل المتاخرة من حياة النبات فدرجة الحرارة المثلى هي 31م^0 و30م^0 و 20م^0 للتفريع والتزهير والنضج على التتابع . في الذرة الصفراء نمو البادرات ينخفض الى حوالي 50% في درجة 10م^0 .

النمو التكاثري Reproductive Growth

تسبب الحرارة المنخفضة عقما للسنيبلات في الرز يتراوح بين 3.6 - 96.8% اعتمادا على الصنف ، درجة الحرارة الحرجة لعقم السنيبلات تتراوح بين 15م^0 - 17م^0 ومن الاسباب الرئيسية لفشل الاخصاب هي :-

1- عدم نضج حبوب اللقاح .
2- عدم انفتاح غلاف المتوك .
3- تكون انابيب لقاحية غير طبيعية .

درجة الحرارة 12 م^0 لمدة اربعة ايام تسبب عقما جديرا بالاهتمام في الرز وبالمعنى الواسع فان مرحلة البطان هي اكثر المراحل التطورية حساسة لدرجة الحرارة اذ ان الاجهاد هنا يشبه الاجهاد الذي يسببه نقص ماء التربة وبما ان الرز ذات مصبات محددة فيزيائيا لذا فان الاجهاد الذي يحصل اثناء تطور المصبات يؤدي الى خسارة كبيرة في الحاصل . الاجهاد الحراري والرطوبي اثناء مرحلة تطور الداليات تكونا اكثر حراجة . اضافة مستويات عالية من النيتروجين تزيد من الحساسية للبرودة ومن جهة اخرى فان اضافة الفسفور او مخلفات الحضائر يزيد من تحمل الرز للحرارة المنخفضة التي تسبب العقم .

الامطار والمحاصيل الحقلية Rain Fall and Crops

التساقط هو وصول رطوبة الغلاف الجوي الى اليابسة بهيئة مطر او صقيع . التساقط يكون على هيئة مطر اذا كانت درجات الحرارة عالية ويكون على هيئة تساقط صقيع عندما تكون درجات الحرارة واطئة . اغلب التساقط في العراق عدا المناطق الشمالية يكون على هيئة مطر .

المعلومات المناخية المطرية Rainfall Climatology

دراسة الامطار على مدى مده طويلة يسمى المناخ المطري . يشير الى النمط العام للامطار لمنطقة معينة وهو يساعد على فهم كمية وشدة وتوزيع والخصائص الاخرى للامطار ، تحليل بيانات تساقط المطر كذلك يساعد في تقسيمات المناخ ، النظم المحصولية المناسبة والكفوءة يمكن تطويرها بوساطة فهم نمط الامطار ، تحليل المطر يساعد في اتخاذ القرار بشان مواعيد الزراعة وجدولة الري و وقت الحصاد وغيرها .

تحليل المطر مهم لاغراض تصميم البحيرات الحقلية والخزانات ومشاريع الري . كمية وتوزيع وشدة الامطار تعد مظاهر مهمة جدا تؤخذ بنظر الاعتبار في تاثيرها على انتاج المحاصيل .

كمية المطر Amount of Rainfall

تتحدد عموما مستويات الحاصل بوساطة كميات التساقط لاقل كمية يتطلبها المحصول ليتمكن من الوصول الى النضج لذا فان المطر يعد العامل الرئيس في حاصل المحصول . الحاصل لا يكون بالضرورة دائما تعبير مباشر عن كمية التساقط . اذ المطر ربما يكون اكثر من المثالي وفي هذه الحالة يسبب نقصا في الحاصل والتي يمكن ان تظهر حالة من التناقض في المناخات شبه الجافة حينما يتركز المطر في 4 – 5 اشهر في السنة وربما في هذه المدة فان كمية الامطار تزيد عن حاجة التربة لذا تحدث نتيجة لذلك عملية الجريان السطحي . تغسل المغذيات النباتية من منطقة الجذور ويتاثر المحصول كذلك نتيجة سيادة الظروف اللاهوائية في التربة مما يؤثر في نشاط الجذور والاحياء الدقيقة ولاسيما عندما يحصل زيادة التساقط خلال موسم البرد .

مطر العقود (العشر سنين) Decennial Rainfall

متوسط الامطار الكلية المستلمة خلال عشر سنوات الماضية يسمى مطر العقود (العشر سنين) وهو يعطي تصور واضح عن كمية الامطار لمنطقة معينة . ان حركة المعدل الموسمي لمطر السنين العشر يتم حسابه لمعرفة فيما اذا كان المطر في مكان معين يزداد او يتناقص ويحسب من بيانات المطر لخمسين سنة مضت او اكثر . فعلى سبيل المثال اذا كانت البيانات المطرية جاهزة من سنة 1935 الى سنة 2015 فمعدل مطر السنين للسنوات 1935 الى 1944 ، 1936 الى 1945 و 1937 الى 1946 ويمكن حسابها واذا ما حولت هذه المتوسطات الرقمية الى رسم بياني فان الزيادة او

النقصان في الامطار يمكن تحديدها . ان متوسط كمية الامطار خلال المواسم المختلفة ومدة نمو المحصول كذلك هي الاخرى يمكن حسابها .

شدة المطر Intensity of Rainfall

شدة المطر تؤثر بدرجة رئيسة في تعرية التربة ، دراسة شدة المطر تساعدنا في معرفة احتمالات حصول الفيضانات او امتلاء الانهار والخزانات وغيرها . فاذا كانت شدة المطر بمعدلات عالية اكثر مما ينفذ داخل التربة فان الجريان السطحي سيبدأ. الشدة العالية للمطر تسبب تعرية التربة . الجريان من التلال والجبال سيتجمع في الخزانات وهنا تفعل تقانة مايسمى بحصاد المياه (Water harvest) .

توزيع المطر Distribution of Rainfall

ان كمية المطر الساقطة ضمن مدد دورية مثل اسابيع او اشهر او فصول تشير الى التوزيع فضلا عن ان التوزيع المطري يمكن ان يعرف بطول نوبة الجفاف او نوبة الرطوبة اوالايام المطيرة . توزيع المطر يعد اكثر اهمية من كمية المطر الكلية فاذا ما اخذنا موقعين على سبيل المثال مع اخذ المؤشرات التي لها علاقة بالمطر لموقع (A) و (B) جدول (10.3) فمن البيانات يظهر ان الموقعين متشابهين في كمية الامطار الموسمية الساقطة . الامطار متساوية في تغايرها والتبخر – نتح تقريبا متساو في كلا الموقعين .

موسم المطر اقل قليلا في الموقع (A) مقارنة بالموقع (B) ومن خلال البيانات فاحدنا يستطيع احتمال توقع ذلك بان الانتاج الاقصى تقريبا متساوي من جهة اخرى فان محاصيل الموسم المطير ناجحة في موقع (A) والحاصل الموسمي يتراوح بين 5000 الى 7000 كغم / هكتار بينما في الموقع (B) فان محاصيل

الموسم المطير تكون تحت المجازفة والحاصل الموسمي يتراوح بين 1000 الى 2000 كغم / هكتار . حاصل منخفض للحبوب في الموقع (B) يرجع بشكل رئيسي الى طول نوبة الجفاف او طول مدة توقف المطر خلال نمو المحصول .

جدول 10.3. نمط الامطار في موقعين (A) و (B)

المعيار (الدليل)	A	B
المطر الحولي (ملم)	764	742
المطر الفصلي (ملم)	580	556
معامل التغاير	26	28
التبخر – نتح الكامن (ملم)	1.757	1.802
موسم النمو	130	148
التربة	Vertisol	Vertisol

المطر الاسبوعي او الشهري Weekly or Monthly Rainfall

كمية المطر المستلمة في اسبوع معين او شهر معين وذلك لاخر عشر سنوات او اكثر يمكن ان يستخرج معدلها وهذه يمكن ان تعطي توزيع المطر خلال الاسابيع المختلفة ضمن مدة نمو المحصول .

نوبات الرطوبة والجفاف Wet and Dry Spells

نوبة الرطوبة هي عدد الايام المستمرة بالمطر ، نوبات الرطوبة ربما تكون 2 – 3 – 4 او 5 ايام ، اما نوبات الجفاف فهي عدد الايام المستمرة بانعدام المطر او

مطر قليل يمكن القول ان نوبة الجفاف يمكن ان تكسر عندما تكون كمية المطر المستلمة اكثر من معدل التبخر لذلك الشهر ، نوبة الجفاف اكثر من 10 - 14 يوم لترب Alfisols واكثر من 15 - 20 يوم لتربة Vertisol تكون حرجة للمحاصيل .

الايام المطيرة Raining Days

اذا كانت كمية المطر المستلمة اكثر من 2.5 ملم في اي يوم يسمى ذلك اليوم مطيرا . عدد الايام المطيرة تشير الى توزيع المطر جيدا اذا ما تم استلام كمية الامطار على مدى عدد ايام اكثر .

تواقت المطر Periodicity of Rainfall

تكرار حدوث المطر في اوقات متعاقبة (تواقتية) مثل هذا الحدوث مستهل موسم الخريف الى معاودة الجفاف (تكراره) ، احتمالية استلام كمية امطار معينة .... الخ كلها تقع تحت تواقت المطر .

مستهل موسم الخريف Onest Monsoon

تقدير استهلال موسم الخريف مهم لاغراض الزراعة الجافة والزراعات الديمية قبل الدخول بالزراعة المطرية احداث الامطار لشهر معين تنظم في صفوف والامطار السنوية في اعمدة فالتاريخ الذي يكون فيه المطر اكثر رقما في السنة من مجموع 25 سنة وهكذا يمكن اعتباره التاريخ الاكثر علاقة بمستهل الخريف .

اعادة تكرار حدوث المطر Recurrence of Rainfall Events

ان احتمالية استلام كمية معينة من الامطار في سنة او فصل او شهر يمكن حسابها بمعنى اخر ان فرصة اعادة تكرار حدوث المطر يمكن تقديرها . معدل الامطار سواء للشهر او للفصل او للسنة يمكن تنظيمه ووضعه في نظام تصاعدي وكذلك يتم وضع ترقيم تسلسلي . ان التكرار التراكمي يحسب بالمعادة الاتية :-

$$\mathrm{F} = \frac{M}{n} + I$$

اذ ان :-

F : التكرار التراكمي

n :- عدد المشاهدات ، m :- يكون رتبة المطر في الرتب (التنظيم التصاعدي)

جدول11.3.المطر الساقط في احد المناطق من الولايات المتحدة (1950 – 1979)

رتبة المطر	المطر (ملم)	الترتيب التصاعدي
1	18.0	0.030
2	23.0	0.065
3	41.0	0.097
4	44.0	0.129
5	48.0	0.165
6	49.0	0.194
7	54.0	0.221
8	57.0	0.258
9	62.0	0.290
10	67.0	0.232

رتبة المطر	المطر (ملم)	الترتيب التصاعدي
11	72.0	0.358
12	78.0	0.387
13	79.0	0.419
14	83.0	0.452
15	85.0	0.484
16	100.0	0.516
17	105.0	0.548
18	107.0	0.581
19	108.0	0.613
20	110.0	0.645
30	250.0	0.968

إن احتمالية استلام كمية معينة من الأمطار يمكن الحصول عليها وذلك بطرح التكرار التراكمي من الوحدة فمثلا 1 – F للمعطاة في 18 ملم مطر خلال شهر آب في المنطقة الأمريكية فان الاحتمالية تكون 0.97 = 1 – 0.03 وبذلك يكون من 100 سنة فان احتمالية استلام 18 ملم مطر في 97 سنة . هذا النوع من التحليل يمكن استعماله لإيجاد امكانية النمو الكامن المحصول .

الاعتمادية المطرية Dependability of Rainfall

من خصائص المطر المهمة الأخرى هي الاعتمادية المطرية . يمكن تقدير الاعتمادية المطرية بمقدار 75% احتمالية مطرية ومعامل الاختلاف وهي تشير إلى إن هناك احتمالية 75% من كمية المطر المستلمة في منطقة معينة في ثلاث سنوات من أربع سنوات ويمكن تقديرها بترتيب الكمية السنوية للأمطار أو الفصلية ترتيبا

تنازليا . إن كمية المطر الحالية في ثلاثة أرباع المكان في خط الترتيب التنازلي تكون 75% من احتمالية المطر .

مثال :- المطر السنوي خلال سنتين مختلفة هو كما يأتي

السنة	الكمية		ترتيب كميات المطر تنازليا	
1950	850		1	1020
1951	950		2	950
1952	1020		3	870
1953	625		4	850
1954	750		5	750
1955	550		6	725
1956	650		7	650
1957	475		8	631
1958	631		9	625
1959	725		10	550
1960	870		11	525
1961	525		12	475

من 12 سنة فان 631 ملم استلمت من السنوات الثمان و 75% احتمالية مطرية

معامل الاختلاف Coefficient of Variation (CV%)

بحساب معامل الاختلاف ، فان التغاير في الأمطار يمكن وصفه كميا . إذا كان معامل الاختلاف أكثر فذلك يعني إن التغاير في المطر من سنة إلى أخرى أو من فصل لأخر يكون أكثر . إذا كان معامل الاختلاف اقل فان التغاير في المطر يكون اقل وتكون الاعتمادية عليه أكثر .

طول موسم النمو (LGS) Length of Growing Season

يعد تقدير موسم النمو مهما في مناطق الزراعة الجافة وذلك لاختبار المحاصيل المناسبة فإذا كان طول موسم النمو اقل فان المحاصيل ذات مدة النمو القصيرة تفضل على المحاصيل ذات مدة النمو الطويلة . طول موسم النمو هو المدة بين مطر الذي يكفي لإنبات البذور إلى نهاية الموسم حينما تختزل الرطوبة في مقد التربة إلى نسبة (PE / AE) 0.5 (AE و PE هما التبخر الحقيقي والكامن على التتابع) .

طول مدة النمو هي المدة (بالأيام) خلال السنة عندما يزيد معدل التساقط عن نصف التبخر – نتح الكامن مضافا إليه المدة المطلوبة لتبخر – نتح ما مقداره 100 ملم من ماء التساقط المخزون في مقد التربة . طول مدة النمو تحسب بتقدير متوسط المطر الأسبوعي والتبخر – نتح الكامن . التبخر – نتح الكامن يمكن تقديره بحاصل ضرب USWB بيانات حوض التبخر مع معامل الحوض الذي يكون 0.7 إلى 0.8 كل الأسابيع التي يحصل فيها نسبة أكثر من 0.5 من الأمطار الأسبوعية إلى التبخر – نتح الأسبوعي الكامن تجمع للحصول على طول موسم النمو يضاف إلى ذلك المجموع عدد الأيام المطلوبة لاستنفاد 100 ملم من رطوبة التربة .

تأثير المطر Influence of Rainfall

يعد المطر أهم العوامل المناخية التي تؤثر في نمو المحاصيل بشكل مباشر وغير مباشر ، فالأمطار تعد مصدرا لرطوبة التربة ذات التأثير الجوهري في نمو المحاصيل خاصة في مناطق الزراعة الديمية (المطرية) . الأمطار لها علاقة بالرطوبة النسبية للجو مما تؤثر في انتشار الأمراض والآفات وكذلك لها علاقة بنوعية المنتج ونفس الشيء لها علاقة بجاهزية المغذيات وانتشالا الأدغال .

ادارة المغذيات Nutrient Management

تعتمد الاستجابة لاضافة المغذيات على رطوبة التربة التي لها علاقة بكمية الامطار الساقطة خصوصا تحت ظروف الزراعة الديمية . اثناء تحليل البيانات الجوية يظهر تاثير التساقط وبالتوافق مع المتوسط الشهري لدرجة الحرارة خلال الخريف والشتاء والربيع الذي يرتبط مع امتصاص النيتروجين من قبل محصول الذرة الصفراء. تؤثر الظروف الجوية في حاصل الحبوب للذرة الصفراء والاستفادة من الاسمدة النيتروجينية والفوسفاتية . عادة في السنوات قليلة الامطار مايوصى باعطاء كميات اقل من النيتروجين والفسفور اما في حالة امطار اعتيادية او غزيرة فيوصى باضافة التوصية السمادية او حتى اعلى منها .

ادارة الادغال Weed Management

تختلف مدة بقاء بذور الادغال في مناطق الامطار المختلفة وذلك على اساس تركيب بذرة الدغل والعدد الكلي للادغال في التربة . ان تنوع الانواع وعدد البذور في التربة تكون الاقل تحت ظروف المطر القليل وتزداد تحت ظروف المطر الغزير. ان بزوغ بذور الرغل الابيض *Chenopodium album* يبدو كما لو انه نتيجة للتفاعل بين قابلية البذور على الانبات والعوامل المحيطة بها .

الآفات الحشرية Insect Pests

ترتبط الرطوبة النسبية والامطار ارتباطا سلبيا مع الكثافة العددية لحشرة الذبابة البيضاء . يعد تاثير العوامل الجوية جدير بالاعتبار في تاثيره على الكثافة الحشرية لثاقبات الاوراق في فستق الحقل . مطر غزير يتبعه توقف في الخريف وزيادة عدد

ساعات الاشعاع الشمسي يؤدي الى مضاعفة الآفات الحشرية الا ان استمرار المطر الغزير وعدد ساعات شروق الشمس اقل لا تشجع انتشار الحشرات . يتاثر نشاط دودة جوز القطن سلبا بسقوط الامطار وسرعة الرياح ودرجات الحرارة المنخفضة والرطوبة النسبية ، بينما الشمس الساطعة ترتبط بشكل موجب مع تلك الحشرة . امطار كثيفة في اشهر الخريف تثبط نمو وتطور الحشرة ان كلا من كفاءة ومصير اغلب المبيدات الحشرية التي ترش على الجزء الخضري للنبات تتاثر بالتغيرات الجوية لاسيما الامطار ، حوالي 67% من الكارباريل على النبات يغسل بواسطة 25 ملم مطر، كمية المطر لها تاثير على تركيز الكاربايل المغسول مقارنة بشدة المطر .

الامراض Diseases

ان اعلى حدوث للفحة الاوراق الالتنارية على زهرة الشمس لوحظ بوجود الامطار ورطوبة نسبية عاليين ، حدوث اصابة شديدة بالاركوت على الذرة البيضاء تكون اكثر انتشارا بالاجواء الغائمة وسقوط الامطار اثناء مدة التزهير. ان تكرار ووقت حصول اركوت الذرة البيضاء يكون اعلى في السنين الغزيرة بالامطار وفي الاقاليم ذات الحرارة الابرد نسبيا والاكثر تكرارا للامطار في الخريف . ان درجة الاصابة بالذبول الفيوزرامي على الحنطة يتاثر بدرجة كبيرة بالظروف الجوية . تحليل معامل الارتباط لحدوث الامراض مع عوامل الجو بينت ان هناك ارتباط معنوي له علاقة بالرطوبة النسبية والتساقط والايام المطيرة ومدتها واستمراريتها .

الاضطجاع Lodging

لايحدث الاضطجاع فجاة وانما ياخذ ساعات عدة اذ يضطجع الساق اولا بزاوية معينة قبل ان يضطجع تماما . يحصل الاضطجاع خلال 24 ساعة اذا ماتزامن سقوط الامطار مع سرعة الرياح اكثر من 25 كم / ساعة وبين مدة واخرى اكثر من 50 كم /

ساعة . الاضطجاع كذلك يتبع تساقط المطر حينما لا تزيد سرعة الرياح عن 16 كم / ساعة .

حاصل الحبوب يرتبط ارتباطا سالبا مع معدل الاضطجاع من بزوغ السنابل وحتى الحصاد وهناك يبدو 1 طن / هكتار في الحاصل لكل 10% زيادة في متوسط المساحة المضطجعة .

النوعية Quality

يحصل احيانا فقدان في نوعية عدد من المحاصيل نتيجة نوبات الرطوبة خلال مدة الحصاد للمحاصيل . في الحنطة تتدهور نوعية الحبوب بسبب زيادة الاضطجاع . التبقع قبل الحصاد يحصل نتيجة التساقط العالي . الحبوب غير الناضجة تتسبب نتيجة قصر مدة النضج كاستجابة لنقص ساعات شروق الشمس حول السنابل والحبوب مع حبوب منتفخة نتيجة وجود تساقط شديد خلال مدة امتلاء الحبوب . النهايات السوداء لحبوب الشعير لها تاثير سلبي على نوعية الشعير المعد لصناعة المولت والبيرة . التساقط الغزير يعد احد العوامل المسببة للنهاية السوداء في حبوب الشعير . التعرض لمدة طويلة للامطار يسبب ضررا لبذور الماش خلال مراحل تطور القرنات . التعرض على الاقل لمدة 300 دقيقة للامطار فان البذور تحتاج الى تدريج لعزل الردئ النوعية منها .

تاثير الرطوبة النسبية في المحاصيل الحقلية

Effect of Relative Humidity on Field Crop

تؤثر الرطوبة النسبية تاثيرا مباشرا في العلاقات المائية للنبات وتاثيرا غير مباشر في نمو الورقة و التركيب الضوئي و التلقيح والاصابة بالامراض واخيرا

الحاصل الاقتصادي . جفاف الغلاف الجوي نتيجة نقص التشبع (RH – 100) يؤدي الى اختزال انتاج المادة الجافة من خلال السيطرة على الثغور والجهد المائي للورقة .

العلاقات المائية Water Relations

الرطوبة النسبية مهمة في تاثيرها على التبخر – نتح وبالتالي على الاحتياجات المائية للمحصول . في درجة حرارة ثابتة فان تغير الرطوبة النسبية يؤثر في النتح وذلك من خلال تحوير تدرج ضغط البخار من الورقة الى الهواء . في المناطق الجافة الرطوبة النسبية تتجه لتكون منخفضة مما يسبب انخفاضا حادا في ماء النبات وتقليل الجهد المائي للورقة .

نمو الورقة Leaf Growth

لا يعتمد نمو الورقة على فعالية التركيب الناتجة عن الفعاليات الكيموحيوية فحسب وانما كذلك الفعاليات الفيزيائية لتوسع الخلية . يحدث توسع الخلية كنتيجة لضغط الانتفاخ الذي يزداد ضمن الخلية بوجود الماء وتنكمش الخلية (يقل ضغط الانتفاخ) عندما يقل محتواها من الماء . ضغط الانتفاخ يكون عاليا تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية لان التبخر – نتح يكون اقل وتحتفظ الخلية بمائها نتيجة انغلاق الثغور فيزداد حجم الخلية وتتمدد لذا فان توسع الخلية وتطاولها يكون اكثر في المناطق الرطبة منه الى المناطق الجافة .

التركيب الضوئي Photosynthesis

يتاثر التركيب الضوئي بشكل مباشر بالرطوبة النسبية . عندما تكون الرطوبة النسبية في الجو قليلة فان سرعة التبخر – نتح تزداد مسببة نقصا في ماء النبات . نقص

ماء النبات ينتج عنه انغلاق جزئي او كلي لثغور الاوراق وتزداد مقاومة النسيج الوسطي لتعمل حاجز بوجه دخول ثاني اوكسيد الكاربون . في درجة حرارة ثابتة 25م^{0} وكنتيجة لزيادة عجز ضغط البخار بحوالي 1 كيلو باسكال في الجو فان صافي اخذ ثاني اوكسيد الكاربون ينخفض مع اي زيادة في مقاومة النسيج الوسطي و زيادة ضئيلة في مقاومة الثغور وعندما يزيد عجز ضغط بخار الماء عن 1 كيلو باسكال في درجة حرارة 30 م^{0} (تحت ظروف الحقل النامي فيه النبات) فان هناك زيادة كبيرة تحصل في كل من مقاومة النسيج الوسطي ومقاومة الثغور مسببة تراجع في صافي اخذ ثاني اوكسيد الكاربون وهكذا فان عملية التركيب الضوئي سوف تتاثر . كفاءة استعمال الاشعة الشمسية من قبل نبات الذرة الصفراء تقل كلما ازداد عجز ضغط بخار الماء من 0.9 الى 1.7 كيلوباسكال . ان تراجع عملية التركيب الضوئي في نبات فول الصويا عند منتصف النهار تحصل في الايام التي تكون فيها الرطوبة النسبية منخفضة ودرجة الحرارة عالية ويتسبب ذلك نتيجة محدودية انفتاح الثغور .

التلقيح Pollination

تفضل الرطوبة النسبية المنخفضة قليلا لحصول عقد البذور في محاصيل عدة وتجهيز كافي لرطوبة التربة ،فعلى سبيل المثال نسبة عقد البذور في الحنطة تكون عالية تحت رطوبة نسبية 60% مقارنة مع 80% وعندما تكون جاهزية رطوبة التربة غير محدودة . في حال كون الرطوبة النسبية عالية ربما يسبب ذلك عدم انتشار حبوب اللقاح من علب المتوك . حيوية حبوب اللقاح تزداد بزيادة الرطوبة النسبية بينما تسبب الرطوبة النسبية المنخفضة تجفيفا لحبوب اللقاح مايؤدي الى قتلها او تقليل حيويتها .

الآفات Pests

ان حدوث الامراض وتواجد الآفات الحشرية يزدادان تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية ، فالرطوبة النسبية العالية تكون مفضلة لانبات سبورات الفطريات على اوراق النباتات . مرض اللفحة على البطاطا يكون اسرع انتشارا تحت ظروف الرطوبة العالية . حشرات عدة مثل المن والقفازات تزداد اعدادها ونشاطها يكون اعلى تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية .

في حشرة *Corcyra cephalonica* يزداد وضع البيض تحت رطوبة نسبية 70% مقارنة برطوبة 50% فضلا عن ان كثير من البيض يموت تحت ظروف رطوبة نسبية منخفضة . ان اليرقات تتطور اسرع (34 يوما) تحت رطوبة نسبية 70% مقارنة برطوبة اقل (43 يوما) . وجد ان الرطوبة النسبية في المساء لها ارتباط موجب مع الكثافة العددية للمن على نبات الخردل .

اشارت دراسات الارتباط بين معايير الجو وتواجد فطر *Nomuraea rileyi* على حشرة *Spodoptera litura* الى وجود تاثير معنوي موجب للرطوبة النسبية ليلا في فستق الحقل والبطاطا خلال فصل الخريف .

تؤدي ظروف الجو الجاف ذا الرطوبة النسبية المنخفضة و زيادة درجات الحرارة تحت ظروف سماء صافية الى مضاعفة اعداد حشرة ثاقبات الاوراق *Aproaerema modicella* على نبات فول الصويا . ومن بين العوامل الطبيعية المختلفة التي تؤثر في تكون الكثافات العددية للافات الحشرية للرز والبقوليات *Vigna umbellate* فان لدرجة الحرارة اليومية العليا وسرعة الرياح وعدد ساعات شروق الشمس تاثير سالب بينما الرطوبة النسبية والامطار ودرجة الحرارة الدنيا لها ارتباط موجب مع غزارة الآفات وحصول انحدار خطي متعدد نتوقعه مع اي زيادة في درجات الحرارة اليومية وشروق الشمس التي ستقلل من اعداد الحشرات لافات

الاوراق قفاز الاوراق (Leafhooper) بينما الزيادة في الامطار والرطوبة النسبية في الصباح ودرجة حرارة قليلة ستسبب زيادة معنوية .

الامراض Disease

انبات السبورات ونمو التقرحات ، انتشار الامراض يعتمد على المناخ الموقعي (microclimate) لاسيما درجة الحرارة والرطوبة النسبية . تقلل مستويات الرطوبة المنخفضة من 20 – 40% انبات السبورات ونمو البقع وتقلل من تطور مرض البياض الدقيقي للطماطة . تكون الرطوبة النسبية العالية (80 – 90 %) مناسبة لانبات السبورات الا ان نمو التقرحات والبقع وتطور المرض يكون محدودا ، حدوث وشدة مرض البياض الدقيقي على الحمضيات يزداد بزيادة الرطوبة النسبية الى 85% وبعدها يقل الى ادنى حد . هناك علاقة قوية وخطية بين مستويات الرطوبة وتكرار انبات الكونيديا الى 85% رطوبة نسبية ثم بعدها تبدأ بالانخفاض بشكل حاد بعد رطوبة 87% . ان حدوث تبقع الاوراق المتاخر في فستق الحقل له علاقة مباشرة بالامطار ، حدوث تعفن الاغماد في الرز يكون اكثر في الخريف مقارنة بالربيع . اظهر تحليل الارتباط ان الرطوبة النسبية لها ارتباط موجب مع دليل المرض . تطور المرض يكون بطئ في رطوبة 50% ومتوسط بين 60 – 80 % وسريع فوق 80% . حدوث التبقع على الحنطة يعتمد على تراكم عدد الساعات الكلية للرطوبة النسبية . ان مدة حدوث تعفن الساق في الحمص يتزامن مع امطار و رطوبة عالية ولمدة طويلة من درجات حرارة معتدلة . درجات الحرارة المنخفضة و رطوبة نسبية عالية واستمرار ترطيب النبات والتربة يشكل ظروفا مناسبة جدا للتعفن الابيض المتسبب عن مرض *Selerotinia sclerotiorum* الذي يتطور خلال مرحلة التزهير في البرازيل . ان متوسط الرطوبة النسبية عند الساعة 09.00 ساعة في مرحلة التزهير هو السبب الرئيسي للاصابة بالاركوت . اغلب الانواع تنتج جراثيم وتنمو جيدا وتكون ممرضة

اكثر لسنابل الحبوبيات في درجات الحرارة الدافئة وتحت ظروف الرطوبة . من جهة اخرى فان الظروف المثالية لتعقد عرنوص الذرة الصفراء نتيجة الظروف الجافة والحارة والمشمسة ، لفحة البادرات وتعقد القدم (foot root) للحبوبيات الصغيرة تتجه لتحدث تحت ظروف البرد بينما لفحة البادرات وتعقد القدم لانواع اخرى تناسبها الاجواء الدافئة الجافة .

حاصل الحبوب Grain Yield

الرطوبة النسبية العالية او المنخفضة لاتبعثان على الحاصل العالي في الحبوبيات . تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية فان الرطوبة النسبية ترتبط ارتباطا سالبا مع حاصل الحبوب في الذرة الصفراء وان اختزال نسبته 144 كغم / هكتار مع اي زيادة درجة واحدة شهرية في نسبة الرطوبة النسبية والامر نفسه في الحنطة فان حاصل الحبوب ينخفض تحت الرطوبة النسبية العالية ويمكن ان يعزى تاثير الرطوبة العكسي الى تاثيرها على التلقيح وحدوث الامراض . على هذا الاساس فان الزيادة في الرطوبة النسبية في نشوء الرؤوس الى النضج تزيد حاصل الحبوب في الذرة البيضاء. تحت ظروف الرطوبة السائدة التي ينتج عنها ظروف مناسبة لتاثيرها في علاقات النبات المائية والتركيب الضوئي مع نفس كمية الاشعاع الشمسي فان المحاصيل المزروعة تحت الارواء تعطي حاصلا اقل مقارنة بتلك النامية بنفس كمية الماء تحت ظروف الزراعة المطرية وهذا سببه ان جفاف الغلاف الجوي يتاثر بدرجة اقل في مناطق الزراعة الاروائية مما يسبب بعض التناقص في نمو نباتات المحاصيل .

تاثير الرياح على المحاصيل الحقلية

Effect of Wind on Field Crops

اتجاه الرياح وسرعتها ذا تاثير جوهري على نمو المحاصيل وبشكل عام فان الرياح تعمل على زيادة النتح وعندما تكون الرياح حارة فأنها تؤدي الى التجفيف اذ تجف النباتات نتيجة لاحلال الهواء الجاف محل الهواء الرطب . عندما تزداد سرعة الرياح فان هناك زيادة في نتح البشرة مقارنة بالنتح من الثغور لذا فان هذه الزيادة تصل الى نقطة معينة وبعدها اما ان تصبح ثابتة او تبدأ بالناقص .

تعمل الرياح على زيادة التيارات الهوائية في الغلاف الجوي هكذا يزداد تجهيز ثاني اوكسيد الكاربون ما يؤدي الى زيادة معدلات التركيب الضوئي وان زيادة معدلات التركيب الضوئي الى نقطة معينة وبعدها تصبح سرعتها ثابتة . معدل صافي التركيب الضوئي (NAR) ومعدل النمو النسبي (RGR) معيارا نمو يزدادان بزيادة سرعة الرياح من 2.5 متر / دقيقة الى 7 متر / دقيقة في الشعير والرز .

الرياح تعمل على تبديل توازنات الهرمونات وكذلك تعمل على زيادة انتاج الاثيلين في الشعير والرز وتعمل الرياح على خفض مستويات محتوى حامض الجبرلين في الجذور والمجموع الخضري للرز . تركيز النيتروجين في كلا من الشعير والرز يزداد بزيادة سرعة الرياح . الرياح الحارة الجافة تسبب اختزالا في ارتفاع النبات الناجم عن نقص توسع الخلايا بسبب نقص ضغط الانتفاخ المتسبب عن نقص ماء الخلية نتيجة لزيادة النتح وعندما يواجه الجزء الخضري ضغط الرياح القوية من اتجاه ثابت فان ميلان النباتات باتجاه الرياح او يحصل اضطجاع او تشويه او تكسر. يعد الاضطجاع الضرر الرئيسي المتسبب عن الرياح القوية . تسبب الرياح العاصفة تجفيف نهايات الاوراق لمحصول الرز في الاشهر الحارة . الرياح المصحوبة بالامطار لها تاثير ضار على الجذور(قلع الجذور) وللرياح فوائد في عمليات التلقيح ونقل البذور واجزاء التكاثر الاخرى .

الفصل الرابع
ايض النبات والنمو
PLANT METABOLISM AND GROWTH

انتاج المحصول يستلزم ادارة موارد الانتاج (المدخلات) ما يجعل المحصول ينمو للتعبير عن قدراته الوراثية الى اعلى حد ممكن . ان مصدر الطاقة الاساس للحياة على الارض هو ضوء الشمس غير ان الانسان والحيوانات لا يستطيعا الانتفاع بضوء الشمس مباشرة للحصول على الطاقة اللازمة لاجسامهم اذ ان النبات هو الكائن الحي الوحيد القادر على الانتفاع المباشر من ضوء الشمس ومن خلاله يتحقق انتاج كل الغذاء على سطح الارض لذلك تسمى النباتات بالمنتجات (producers) الاولية للنظام البيئي ولذلك نقول ان انتاج المحصول يعني ادارة عملية التركيب الضوئي للاغراض الانتاجية .

التركيب الضوئي هو عبارة عن ايض لتحرير طاقة ومواد اخرى للنمو والتطور فضلا عن استدامة تركيب النبات ، تاثير التنفس عكس التركيب الضوئي . فالمنتجون غالبا ما يستهدفون جزء معين من المحصول او مكون من المحصول في مشروع انتاج والذي هو منتج تجاري وهذا الجزء هو الحاصل الاقتصادي (economic yield) والذي يزرع المحصول لاجله ، فاذا ما نما المحصول بغزارة، الا ان الجزء الاقتصادي غير كاف فان ذلك سيكون دون جدوى اذ ان المنتج لم يستثمر الوقت والتكاليف ، فعلى سبيل المثال اذا كانت الحبوب هي الهدف فان استعمالا كفوءا للمدخلات بهدف الحصول على اعلى كمية و بافضل نوعية من تلك الحبوب لان هدف المنتج هو تعظيم الحاصل الاقتصادي وهكذا مثله مثل تربية الحيوانات عندما يكون هناك تحويلا ضعيفا للعلف . بعض الاصناف تكون ذات كفاءة قليلة في تحويل الطاقة الشمسية الى مادة جافة ومن ثم الى حاصل اقتصادي وكجزء من اختبار الاصناف

الكفوءة والعالية الحاصل فان المنتج يجب ان يهيئ البيئة المناسبة مما يجعل ايض النبات باعلى درجة ، ومن خلال دراسات نمو النبات فان العلماء يكونوا قادرين على اعادة تنظيم نمط هندسة النباتات (من خلال برامج التربية) كذلك يقدمون النصائح والارشاد للمنتجين حول كيفية انتاج محاصيلهم (مواعيد الزراعة ، المسافات ، التغذية، ادارة المياه و ادارة الافات وغيرها) بهدف تحقيق افضل النتائج .

انت يجب ان تدرس بعض التفاعلات الكيميائية والكيموحيوية الاكثر اهمية مع التركيز على العوامل المؤثرة في التركيب الضوئي و لادارة تلك العوامل يكون ما هو مؤثر مباشرة في انتاج المحصول كذلك يجب الانتباه الى مقارنة متضادات المخرجات والمدخلات المتعلقة بالتركيب الضوئي والتنفس فضلا عن اخذ الملاحظات لفعاليات وعمليات وممارسات ادارة المحصول والظروف المحيطة التي تؤثر في عملية التنفس وكيف يمكن ادارتها بطريقة مناسبة لتحقيق اعلى انتاج وباجود نوعية .

النبات مصنع أيضي The Plant is a Metabolic Machine

يعرف النمو Growth على انه زيادة غير عكسية في الحجم والوزن ، ويتحقق النمو كنتيجة لعملية التركيب الضوئي وما يتبقى منه نتيجة الفقد بعملية التنفس . ياخذ نمو النبات اوجه عدة تبدأ من نشاط الجنين وتنتهي بالبذرة الناضجة (من البذرة الى البذرة) اذ ان الفعاليات التي يتضمنها النمو تكون معقدة جدا وتتاثر على نحو اساس بالظروف المحيطة التي نفسها تشكل تعقيدا اذ ان نمو اي كائن يزداد في الحجم والتعقيد. ترافق الزيادة الكمية للمادة تغيرات في طبيعة تلك المادة التي تشكل اجزاء ذلك النبات التي هي صفات نوعية . ان التغيرات النوعية التي ترافق الاطوار التطورية هي التي تجعل منها اطوار واضحة او مميزة .

تعتمد انتاجية النبات على نموه وتطوره وهذه تعتمد على انتاج وتوظيف نواتج التركيب الضوئي . اذ ان الانتاج يتم تصنيعه من خلال تفاعلات كيميائية لفعاليات

النبات المختلفة يطلق عليها التركيب الضوئي (photosynthesis) . يتضمن التركيب الضوئي تلك الفعاليات التي بواسطتها يتم تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون (الكربكسلة) التي من خلالها تصنع الكاربوهيدرات والمواد الاساسية الاخرى .

ان مصطلح Anabolism يعبر عن تفاعلات البناء التي تحدث في النبات ، فالطاقة يتم خزنها في نواتج بنائية تحدث في النبات لتصبح جاهزة لعملية التنفس (فعاليات هدمية) اذ ان خلال التنفس يتم تكسير مواد التركيب الناتجة عن عملية التركيب الضوئي الى مركبات بسيطة لتحرير الطاقة المخزونة في اواصر المركبات الكاربوهيدراتية (....C – C.....) . ان مصطلح Catabolism يستعمل لوصف التفاعلات الهدمية في فسلجة النبات .

تسمى مجموعتي التفاعلات البنائية (anabolism) والهدمية (catabolism) بالعمليات الايضية (metabolism) ، لذا فان النبات هو مصنع ايضي ، ينتج التنفس طاقة ليتم من خلاله اختزال المركبات التي يستعملها النبات لبناء مواد جديدة لاستدامة بقاء تركيبه ذلك الذي ينتج في النمو والتطور .

التركيب الضوئي : التحكم بطاقة الضوء لانتاج الغذاء

Photosynthesis Harnessing Light Energy to Make Food

اغلب طاقة الحياة على الارض (99%) تاتي من الشمس لذا فان السؤال الذي يطرح هو : هل من الممكن ان تكون هناك حياة على الارض بدون شمس ؟

ماعدا انواع قليلة من البكتريا التي تحصل على طاقتها من الكبريت ومركبات لا عضوية اخرى . الحياة في اي مستوى لها تعتمد على التركيب الضوئي تلك العملية التي من خلالها يستعمل النبات طاقة الشمس لتخليق جزيئات الغذاء من ثاني اوكسيد الكاربون والماء ، وان السكريات المنتجة تتحول الى مواد تركيبية ومكونات خلوية اخرى . ان اكثر من 90% من المادة الجافة لنباتات المحاصيل تعتمد على نشاط عملية

التركيب الضوئي . يعتمد حاصل النبات على مدة التركيب الضوئي (duration) ومعدل التركيب الضوئي (rate) . في النظام البيئي تسمى النباتات منتجات اولية Primary Producers كونها المصدر الوحيد للغذاء لكل الحياة على الارض .

موقع التركيب الضوئي في الكلوروبلاست وبوجود الكلوروفيل كصبغة رئيسة

The Site of Photosynthesis in the Chloroplast with Chlorophyll as Chief Pigment

لماذا تكون الاوراق خضراء اللون ؟ هل يستطيع النبات ان يصنع غذاء في اي جزء اخر غير الاوراق ؟

الورقة (leaf) هي العضو النباتي الاول في نباتات ذوات الخلايا الحقيقية التي يحصل فيها التركيب الضوئي . تحصل عملية التركيب الضوئي في البلاستيدات الخضراء والتي تتواجد بشكل رئيس في الاوراق . تلك البلاستيدات حاوية على الصبغة الخضراء (الكلوروفيل) . يتكون الكلوروفيل من انزيم وبروتين يجعلان منهما (الانزيم والبروتين) الاكثر غزارة على سطح الارض .

هناك انواع مختلفة من الكلوروفيلات (كلوروفيل a) والذي يتواجد في جميع الخلايا الحقيقية التي تقوم بعملية التركيب الضوئي ، غير ان النباتات الوعائية والنباتات الطحلبية من شعبة الحزازيات تتطلب وجود (كلوروفيل b) لعملية التركيب الضوئي. جزء الكلوروفيل الذي يقوم بعملية التركيب الضوئي يتضمن صبغتين اخريين هما الكاروتينات (carotenoids) والفايوكوبلينات (phycobilins) واخيرا فان الصبغات الثانوية التي تذوب في الماء لا تتواجد في النباتات الراقية .

التركيب الضوئي يحدث في طورين

Photosynthesis Occurs in two Phases

ماهي المواد التي يحتاجها النبات لعملية التركيب الضوئي ؟ كيف تندمج تلك المواد لتنتج نواتج غذائية قابلة للاستعمال من قبل النبات ؟ وباي طريقة يعمل الانسان ليساهم بعملية التركيب الضوئي ؟

يحصل النبات على ثاني اوكسيد الكاربون من الغلاف الجوي بينما يحصل على الماء من التربة وان الناتج النهائي لعملية التركيب الضوئي هو اختزال ثاني اوكسيد الكاربون الى كاربوهيدرات وبهذا فان التركيب الضوئي يمكن مناقشته من خلال الرجوع الى وضع ثاني اوكسيد الكاربون في ثلاث مراحل مهمة :-

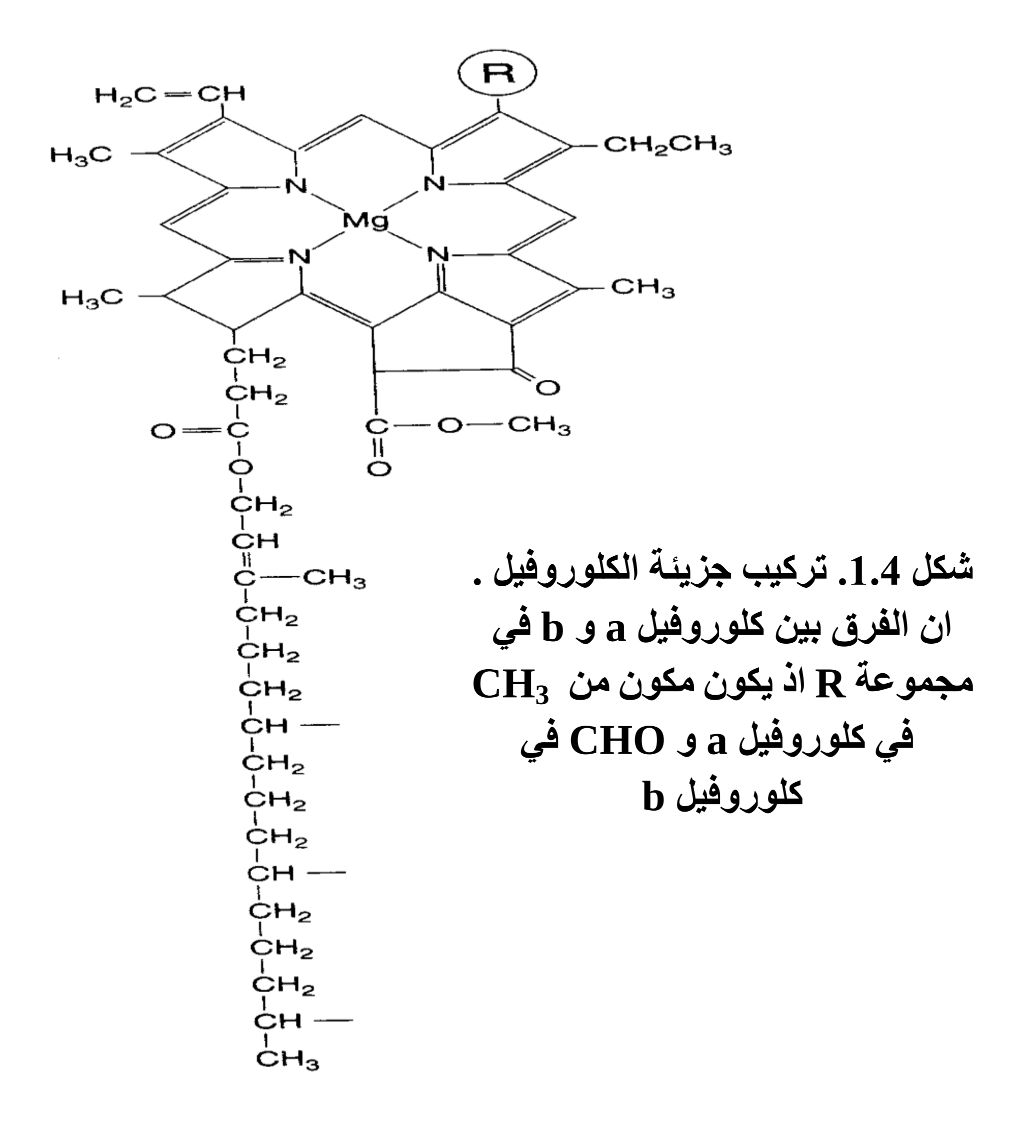
1- دخول ثاني اوكسيد الكاربون الى داخل انسجة النبات (ولاسيما الاوراق) بعملية الانتشار وهذه عملية فيزيائية .
2- حصاد الضوء بوساطة فعاليات كيموحيوية .
3- اختزال ثاني اوكسيد الكاربون (تركيبه) بوساطة فعاليات كيميوحيوية .

ان الفعاليات في الخطوات تلك يمكن ان تصنف الى فئتين او طورين من التفاعلات مجموعة تتضمن الضوء (تفاعلات تعتمد على الضوء) Light – dependent reactions والاخرى لا تحتاج الى ضوء (تفاعلات غير معتمدة على الضوء) Light – independent reactions . وفيما ياتي توضيح لتركيب جزيئة الكلوروفيل التي هي مركز عملية التركيب الضوئي اذ يدخل الكلوروفيل في تركيب البلاستيدة الخضراء .

جزيئة الكلوروفيل The Chlorophyll Molecules

تحوي كل الكائنات الحية مجموعة من المركبات تسمى تترابايرولات (Tetrapyrroles) وهناك صبغات معينة يتم الحصول عليها من التترابايرولات

وهذه تكون حلقة كبيرة من اربع حلقات صغيرة (كل حلقة بايرول تتالف من اربع ذرات كاربون وذرة نيتروجين) والاواصر الكاربونية تلك تقوم بربط ذرات معدنية لتربط الحلقات الاربعة وربما تكون الذرات المعدنية تلك هي الحديد وفي هذه الحالة فان الصبغة تكون هيم (heme) كما في هيموكلوبين الدم فان الصبغة في بعض الطيور تضم النحاس كمعدن بينما كلوروفيل النبات يضم ذرة مغنسيوم (Mg) كما في (الشكل 4 . 1)



شكل 1.4. تركيب جزيئة الكلوروفيل . ان الفرق بين كلوروفيل a و b في مجموعة R اذ يكون مكون من CH_3 في كلوروفيل a و CHO في كلوروفيل b

الكلوروفيل هي الصبغة الاولية لعملية التركيب الضوئي وهناك اربعة انواع مهمة منها واكثرها اهمية هي صبغة التركيب الضوئي المكونة للكلوروفيل a هناك كيميائيان المانيان هما Hans Fisher , Richard Willstater عام (1940) حددا

تركيب الكلوروفيل بالصيغة الاتية $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ واللذان منحا جائزة نوبل على ذلك الانجاز . الامر نفسه حصل مع Robert Wooward (1960) اذ منح جائزة نوبل لقيامه بتخليق جزيئة الكلوروفيل خارج الجسم الحي (invitro) . ومن الجدير بالذكران لون صبغة الهيموكلوبين ليس له دور في تحديد قابليتها في نقل الاوكسجين بينما الكلوروفيل يعتمد على لونه ليكون فعالا فهو يمتص وباقصى حد تلك الموجات الضوئية التي تقع ضمن الاطوال الموجية المحصورة بين 400 – 500 نانوميتر (الازرق – البنفسجي) و 600 – 700 نانوميتر (برتقالي – الاحمر) للطيف الكهرومغناطيسي .

فوائد اخرى لصبغات التركيب الضوئي يطلق عليها صبغات ثانوية او مساعدة تتضمن كلوروفيل b (خضراء مزرقة) والكاروتنويدات مثل (B - Carotene) والذي ينتج عنها اللون الاصفر في الفاكهة مثل (الطماطة والجزر والموز) والاوراق (الوان الاوراق المتساقطة) .

دخول ثاني اوكسيد الكاربون الى النبات بواسطة الانتشار

Carbon Dioxide Enter the Plant by Diffusion

الانتشار هو حركة الجزيئات (او المواد) من منطقة التركيز العالي الى المنطقة التي يكون فيها تركيز تلك الجزيئات واطئا ، دخول ثاني اوكسيد الكاربون يكون عن طريق الثغور ويحصل الانتشار نتيجة لوجود تدرج لثاني اوكسيد الكاربون بوساطة التركيز المنخفض له داخل الورقة (ذلك لان يتم سحبه من قبل الانسجة) مقارنة بتركيزه في الهواء على اسطح الاوراق يتم انتشار ثاني اوكسيد الكاربون عبر سلسلة من الحواجز التي تبديها الانسجة ، الجدار الخلوي واخيرا خلال البروتوبلازم لخلايا لخلايا النسيج الوسطي للبلاستيدات الخضراء ومما تجدر الاشارة اليه الى ان ثاني اوكسيد الكاربون الجاهز للتثبيت يتاثر بعوامل عدة منها طبيعية وعدد تلك الحواجز او الموانع ، فعلى سبيل المثال فان فتح وغلق المسامات هي التي تتحكم بكمية

ثاني اوكسيد الكاربون التي تدخل الى الورقة من خلال تلك الثغور وان عملية فتح وغلق فتحات الثغور يتم التحكم بها من قبل الخلايا الحارسة بالسيطرة على فتح وغلق الثغور وفق انكماشها وانتفاخها (تبعا لجهدها المائي) وهذه تعتمد على توفر الماء الجاهز للنبات والظروف الجوية المحيطة . ان فقد الرطوبة هذا هو مانع ميكانيكي ، النباتات هي الاخرى تختلف في تركيب وتنظيم الخلايا الداخلية للورقة وان مرور ثاني اوكسيد الكاربون يختلف من تركيب وراثي الى اخر فضلا عن تاثره بالمحيط الداخلي للخلايا (مثال ضغط الانتفاخ لخلايا النسيج الوسطي) .

تفاعلات الضوء تعتمد على الضوء المرئي

Light Reaction Depend on Visible Light

حصاد الضوء هو عملية كيموحيوية وان مصدر الطاقة الرئيسي هو ضوء الشمس اذ ان الضوء المرئي (visible light) الذي يشكل نسبة ضئيلة من الطيف الكهرومغناطيسي (مدى الاطوال الضوئية المنبعثة من الشمس) . تشارك الصبغات النباتية في عملية امتصاص ضوء الشمس . تلك الصبغات لها طيف فعال خاص بها وان التاثير النسبي للموجات الضوئية المختلفة يعتمد على خصوصية الفعالية الضوئية كان تكون تركيب ضوئي مثلا او تزهير اذ ان الصبغات المختلفة تمدص مديات الضوء (الطيف الممدص) كما في الشكل (2.4)

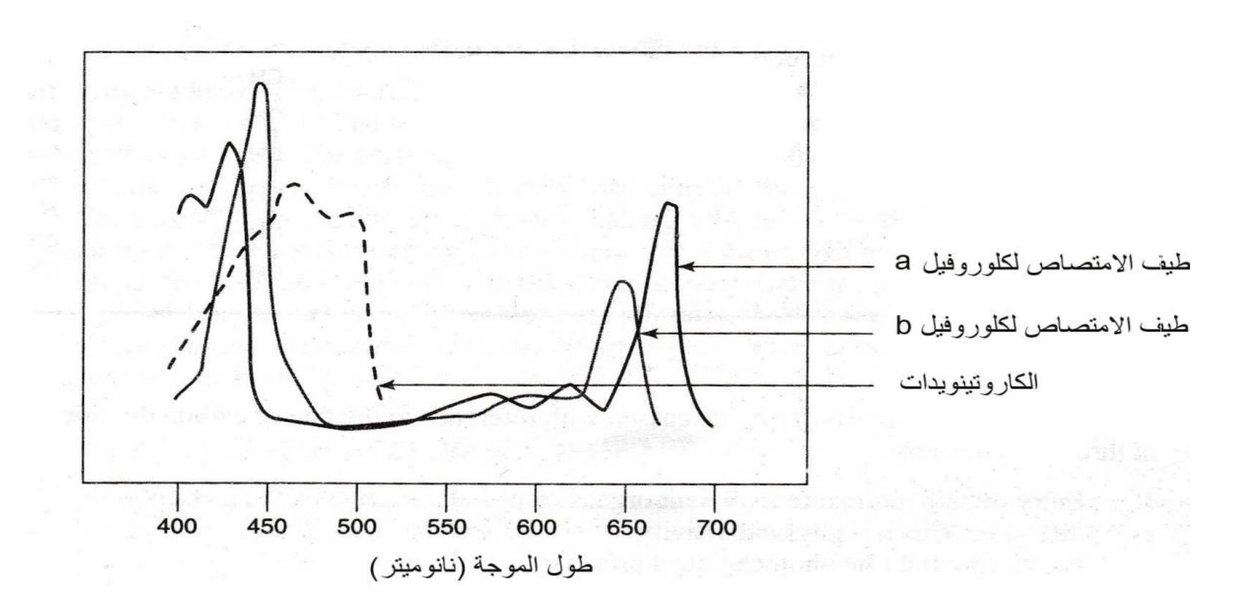
الكاروتينات تكون صبغات ملحقة (مكملة) للتركيب الضوئي اذ يمتص في اقصى حدود موجية باطوال بين 460 – 550 نانوميتر .

السؤال الذي يطرح : هل يمكن للنبات ان ينتفع من الضوء من مصادر اخرى غير الشمس ؟

ان الضوء الذي تمتصه الصبغات يتم تعبئته في الثايلوكايدات في وحدات متراصة تسمى انظمة ضوئية (Photosystems) وهناك نظامان ضوئيان هما :-

نظام ضوئي اول (Photosystem I (PS1

نظام ضوئي ثاني (Photosystem II (PSII

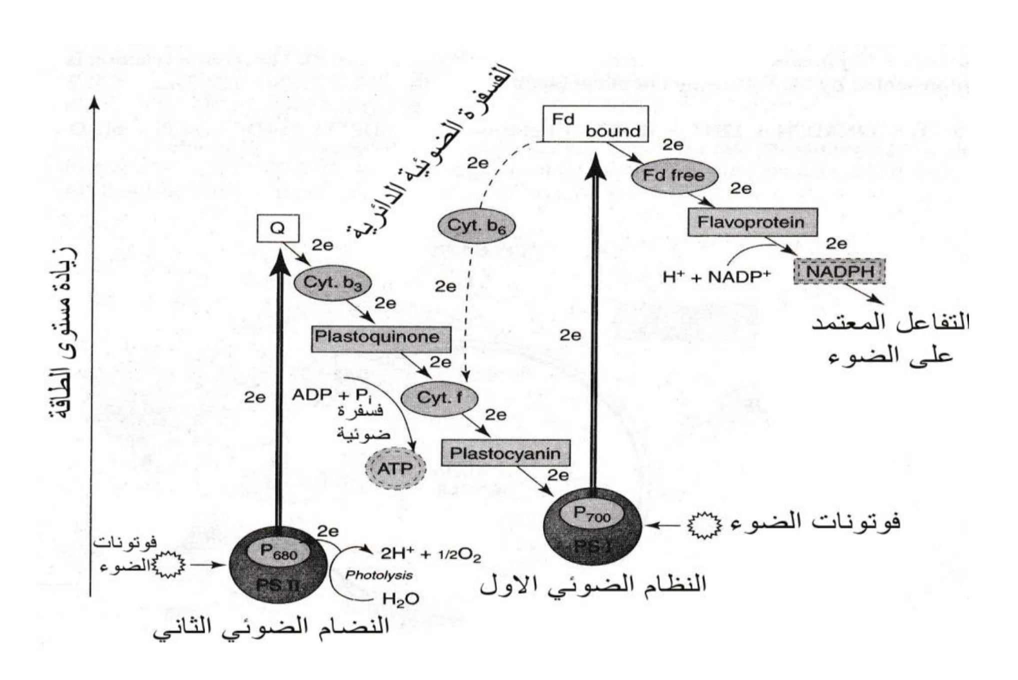


شكل 2.4. الطيف الممدص للصبغات المختلفة المرافقة لعملية التركيب الضوئي ، فالكلوروفيل يمدص باقصى حدود هي 430 نانوميتر و 662 نانوميتر لتكون الصبغة الاولية للتركيب الضوئي . و كلا من كلوروفيل a وكلوروفيل b فان اقصى حدود للامتصاص لهما يكون من 400 – 500 نانوميتر (بنفسجي – ازرق) و 600 – 700 نانوميتر (برتقالي – احمر)

في النظام الضوئي الاول فان هناك فقط زوج واحد من جزيئات الكوروفيل يسمى (كلورفيل مركز التفاعل) وان كل الصبغات الموجودة قادرة على الانتفاع من طاقة الضوء الممدصة والصبغات الاخرى تشكل صبغات الانتينا (الهوائي اوالاستشعار) . ان كلورفيل مركز التفاعل في النظام الضوئي الاول يتكون من جزيئات خاصة من الكلوروفيل تسمى (P_{700}) وذلك لان فعالياتها تصل الى اقصى حد للامتصاص هو في 700 نانوميتر والنظام الضوئي الثاني يسمى (P_{680}) للسبب نفسه وهذا الاخير يكون اكثر كفاءة في حصاد الضوء من النظام الضوئي الاول .

ان الطاقة العليا الممتصة يتم نقلها وباسلوب المراحل من صبغة تركيب ضوئي الى اخرى حتى تصل الى مركز التفاعل للجزيئة (شكل 3.4) ستقوم طاقة الضوء باثارة الكترونات النظام الضوئي وان الاختلافات في الطاقة حيث تعود الالكترونات الى مستوى طاقة اقل سيحصل انتفاع من الطاقة الفائضة في تكوين اواصر كيميائية وان هذه العملية بعد انجازها تسمى الفسفرة الضوئية (photophosphorylation) وهو التفاعل الذي بواسطته يتكون ATP (adenosine triphosphate) من الـ Adenosine diphosphate ADP والفسفور . ان الالكترونات التي تثار من P_{700} تعود الى مستوى طاقة اقل عكس تدرج الفوتونات فانها تختزل مساعد الانزيم $NADP^+$ الى NADPH ويمكن تلخيص تفاعل الضوء بالمعادلة الكيميائية الاتية :-

Light quanta + 2 H_2O + 2 $NADP^+$ + 2ADP + 3Pi $\longrightarrow$ 2 NADPH + 2H + 3ATP + 3 H_2O + O_2 .



شكل3.4. ملخص تفاعل الضوء للتركيب الضوئي مبينا دور النظامين الضوئيين (PS II , PSI) في نقل طاقة التركيب الضوئي و الفسفرة الضوئية وتكوين NADPH. ان المكونات تنتظم ضمن غشاء الثاكيولايد ، PS I يتضمن كلوروفيل a وكلوروفيل b والكاروتينويدات ، PS I يثار بوساطة طاقة الاشعاع بطول موجي 680 نانوميتر واطول .

الـ ATP هي الطاقة القابلة للاستعمال وباستمرار فان اختزال الطاقة الكامنة (NADPH) وان هذين المنتجان يدخلان الطور اللاحق لدورة التركيب الضوئي وهو التفاعل غير المعتمد على الضوء او ما يسمى بتفاعل الظلام (Dark Reaction) .

بناء السكر باستعمال طاقة (ATP) واختزال قوة (NADPH) من الطور الضوئي

Sugar Synthesis Uses Energy (ATP) and Reducing Power (NADPH) from the Light Phase

ان الخطـوة النهائيـة فـي التركيـب الضـوئي تتضـمن فعاليـات كيموحيويـة (biochemical process) التـي تنـتج فـي تثبيـت او تركيـب ثـاني اوكسيد الكـاربون باسـتعمال الطاقـة ATP النـاتج عـن التفاعـل المعتمـد علـى الضـوء (كيموحيـوي) واختـزال عامـل (NADPH) . هـذه الفعاليـات تحـدث بمسـارين اساسـيين وهاتـان الفعاليتان تسميان مسار ثلاثية الكاربون (C_3) ومسار رباعية الكاربون (C_4) .

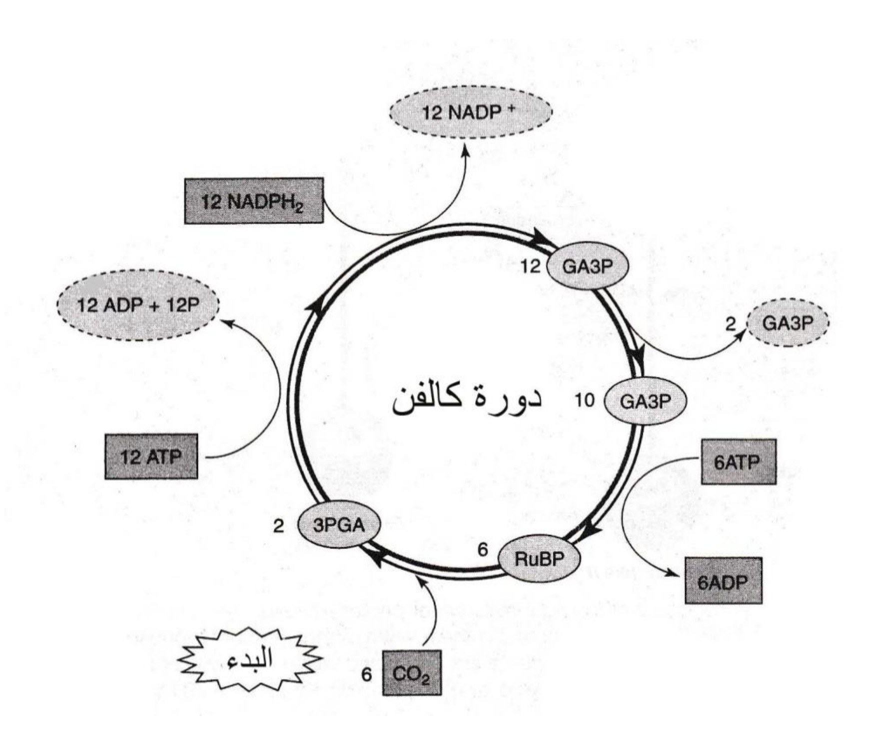
مسار ثلاثية الكاربون (C_3 Pathway)

تسمى الخطوة الاولى لمسار نباتات ثلاثية الكاربون مركب يتالف من ثلاث ذرات كـاربون يسـمى فوسفوكلاسـيريت (phosphoglycerate) كمـا فـي الشـكل (4 . 4) وتسمى هذ الدورة بدورة كالفن (Calvin Cycle) .

بعد اكتشاف هذه الدورة والنباتات التي تستعمل هذا المسار لتركيب ثاني اوكسيد الكاربون سميت نباتات ثلاثية الكاربون (C_3 Plants) . تضم نباتات ثلاثيـة الكـاربون نباتـات مـن ذوات الفلقـة الواحـدة مثـل الحنطـة ، الشـعير ، الـرز ، الشـوفان وغيرهـا .

وذوات الفلقتـين مثـل فـول الصـويا ، الفسـتق ، الفاصـوليا ، زهـرة الشـمس وغيرهـا والـدرنيات مثل البطاطـا . تستعمل هذا المسلك في تثبيت ثـاني اوكسيد الكـاربون . ان عملية تثبيت ثاني اوكسيد الكـاربون هي عمليـة ايضية بنائيـة تتم بوسـاطة انزيم يسمى Ribulose 1,5 – biphosphate carboxylase وللتبسيط يختصر الى (RUBP) وان كل تفاعل يمكن ان يوضع بالمعادلة الاتية :

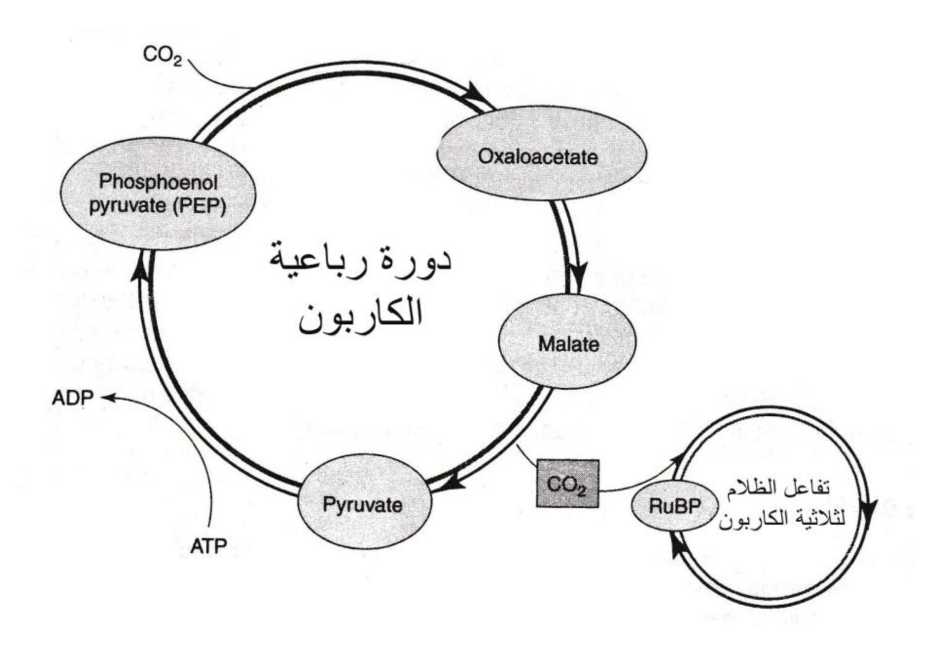
$$6CO_2 + 12NADPH + 12H^+ + 18\ ATP \longrightarrow 1\ glucose + 12NADP^+ + 18ADP + 18\ Pi + 6H_2O$$



شكل 4.4. دورة كالفن لمسار تثبيت الكاربون في نباتات ثلاثية الكاربون (C_3) التفاعلات الكيموحيوية متضمنة تلك التي تحدث في ستروما (حشوة) البلاستيدات الخضراء . وان نواتج التفاعلات من الثايكولويد (ATP واختزال $NADP^+$) تستعمل لاختزال ثاني اوكسيد الكاربون الى كاربوهيدرات .

مسار رباعية الكاربون (C_4 Pathway)

ينتج عن الخطوة الاولى في هذا المسار جزيئة رباعية الكاربون تسمى اوكزالواستيت (oxaloacetate) كما في الشكل (5.4)



شكل 5.4. مسار رباعية الكاربون لتثبيت ثاني اوكسيد الكاربون . خلايا النسيج الوسطي تثبت ثاني اوكسيد الكاربون بهيئة حامض رباعي الكاربون والذي يتحرك الى خلايا غمد الحزمة حيث تحصل هناك الكربكسلة .

ان المحاصيل التي تدخل ضمن مجموعة النباتات التي تسلك هذا المسار هي الذرة الصفراء والذرة البيضاء وقصب السكر والدخن وهذه النباتات تنتج نوعين من البلاستيدات ، الاول توجد في الانسجة البرنكيمية حول غمد الحزمة ويكون كبير الحجم. البلاستيدات الصغيرة تحصل في خلايا النسيج الوسطي والتي فيها يقوم انزيم الفوسفواينول بايروفيت كاربوكسيليز (PEP) بتركيب ثاني اوكسيد الكاربون الى فوسفواينول بايروفيت وعند ذلك ينقل الى البلاستيدات الخضراء في غمد الحزمة . يتحول الماليت الى بايروفيت ، محررا ثاني اوكسيد الكاربون في هذه الفعالية ويدخل الى تفاعل الظلام .

هل ان زيادة الضوء تكون مفيدة دائما للتركيب الضوئي ؟

تتعرض النباتات ثلاثية الكاربون الى فقدان في الطاقة خلال عملية تسمى التنفس الضوئي (photorespiration) وهي انتاج حامض الكلايكوليك في البلاستيدات الخضراء الذي يكون انتاجه مرتبطا بالضوء ويتبعها اكسدة في البيروكسيدات ، التنفس الضوئي لا يشبه التنفس الاعتيادي اذ ان التنفس الضوئي لا ينتج عنه ATP . ان هذا الاختزال هو الذي يسبب قلة كفاءة مسار تثبيت الكاربون في نباتات ثلاثية الكاربون مقارنة بتلك الرباعية الكاربون . ان هذا الفقد في الطاقة تحت ظروف السماء المشمسة وان الاختزال في الطاقة يزداد تحت ظروف نقص ثاني اوكسيد الكاربون الذي يحصل نتيجة لانغلاق الثغور تحت الاضاءة الشديدة .

المسار الثالث لتثبيت ثاني اوكسيد الكاربون هو ايض الحامض الدهني Crassulacean Acid Metabolism (CAM) وهي عملية تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون في الظلام . تعتمد هذه العملية على ثاني اوكسيد الكاربون الذي يتراكم داخل الاوراق في الليل ، هذا المسار تعتمده عدد من النباتات الداخلية والنباتات الصحراوية التي تعمل على غلق ثغورها في النهار اذ تثبت ثاني اوكسيد الكاربون بهيئة احماض عضوية في الليل وتحرر ثاني اوكسيد الكاربون في النهار .

تركيب ثاني اوكسيد الكاربون متاثرا بعوامل محيطة

Carbon Dioxide Assimilation is Affected by Environmental Factors

ان معدل التركيب الضوئي في النباتات العليا يتاثر بعوامل محيطة عدة هي الاشعاع الشمسي وتركيز ثاني اوكسيد الكاربون والحرارة والماء وطول النهار .

نباتات C_4 تفضل الضوء الساطع والحرارة

C_4 Plant like it Bright and Hot

غالبا ما نقول ان نباتات C_4 مثل قصب السكر والذرة الصفراء والذرة البيضاء اكثر كفاءة من نباتات C_3 مثل فول الصويا والحنطة وفستق الحقل غير ان هذا التعميم يجب ان يقال بحذر ذلك ان الحقيقة هذه فقط تكون تحت ظروف السطوع والحرارة وهذه الظروف عادة ماتكون سائدة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية . عندما تغلق ثغور الاوراق للمحافظة على الرطوبة و في هذه العملية فان كمية ثاني اوكسيد الكاربون التي تدخل الى الاوراق سوف تقل وهذا سيحفز ظاهرة التنفس الضوئي التي ستؤدي الى تعطيل مفعول عملية التركيب الضوئي ذلك من ان نسبة 50% من ثاني اوكسيد الكاربون المثبت بعملية التركيب الضوئي ستعاد اكسدته ويفقد بهيئة ثاني اوكسيد الكاربون وبعد ذلك فان انزيم التركيب الضوئي Ribulase (له المقدرة لكلا عمليتي الاكسدة والاختزال) مستفيدا من الاوكسجين الذي يحصل بتراكيز عالية داخليا والمفضل له في حالة التراكيز الواطئة من ثاني اوكسيد الكاربون .

رباعية الكاربون لها الية تجعلها قادرة على ضخ ثاني اوكسيد الكاربون الى خلايا غمد الحزمة للمحافظة على التراكيز الداخلية من ثاني اوكسيد الكاربون بحوالي 20 الى 120 مرة من مستواه الاعتيادي وهذه تسمح لانزيم Ribisco بالاستمرار لتثبيت ثاني اوكسيد الكاربون (بدلا عن الاوكسجين) وحتى وصول مستوى ثاني اوكسيد الكاربون الى الصفر ، وعمليا فمن المستحيل الوصول الى حالة الاشباع الضوئي في نباتات C_4 وبناء على ذلك فان عملية التركيب الضوئي تستمر حتى تحت ظروف ضوء الشمس الكامل . الا انه من الناحية الكيموحيوية فان نباتات C_4 اقل كفاءة من نباتات C_3 لانها تستعمل جزيئتين اضافيتين من ATP لكل جزيئة ثاني اوكسيد الكاربون للتركيب الضوئي .

معادلة دورة نباتات C_3

$$6CO_2 + 30\ ATP + 12\ NADPH + 12H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 30\ ADP + 30Pi + 12NADP + 6H_2O + 6O_2$$

معادلة دورة نباتات C_4

$$6CO_2 + 18\ ATP + 12\ NADPH + 12H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 18\ ADP + 18Pi + 12NADP + 6H_2O + 6O_2$$

يجب ان ناخذ بنظر الاعتبار انه تحت السطوع والحرارة العالية فان نباتات C_3 تتنفس ضوئيا لتقلل ماينتج عن التركيب الضوئي بينما نباتات C_4 تحصل لها مزية اضافية على المدى البعيد وبالجانب الاخر فانه تحت ظروف الرطوبة والبرودة (اقل من 25م^0) او تحت ظروف العتمة فان هذه الزيادة الاضافية تصبح عامل مثبط و نباتات C_3 تصبح اكثر منافسة .

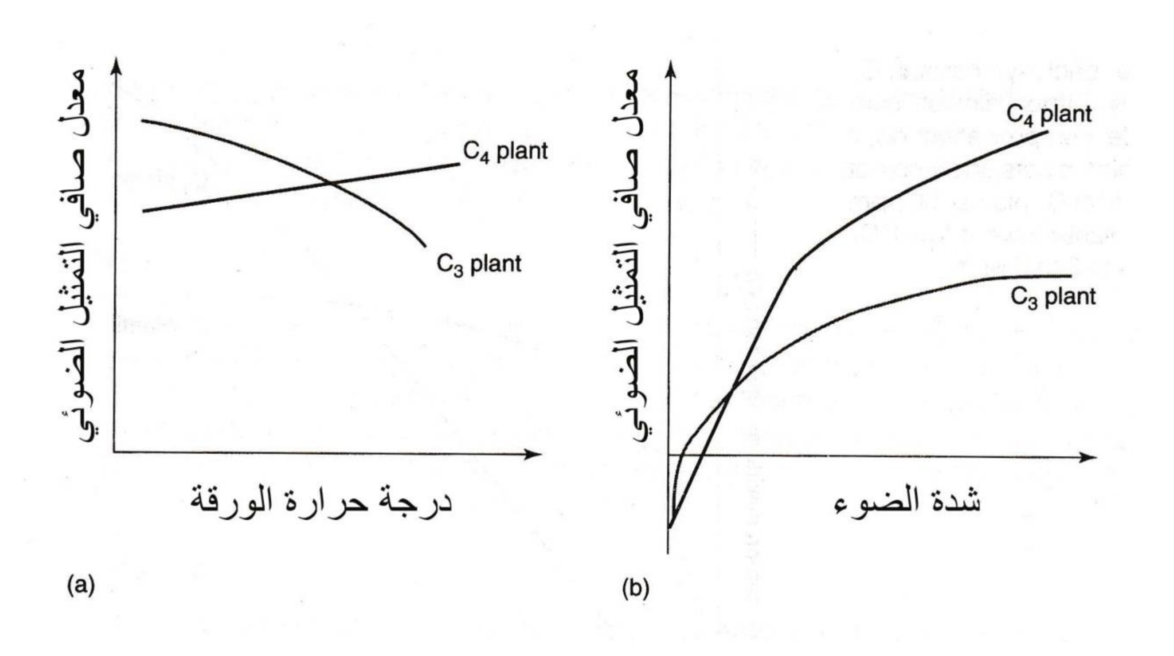
التعرض للاشعاع Irradiance

ان زيادة شدة الاضاءة تزيد من معدل التركيب الضوئي الى نقطة وبعد تشبع النظام فان زيادة الاشعة تؤدي الى زيادة في معدل التركيب الضوئي (شكل 6.4) وفي حالة الشدة العالية للضوء فان ثاني اوكسيد الكاربون وعوامل اخرى تصبح عوامل محددة لذا فانه في حالة شدة الضوء الواطئة فان معدل ثاني اوكسيد الكاربون يتم موازنته بوساطة معدل ثاني اوكسيد الكاربون المتحرر عن عملية التنفس مؤديا الى عدم تحقق صافي تثبيت .

نقطة الصفر لمعدل صافي تركيب ثاني اوكسيد الكاربون والتي تبدأ عندها الزيادة مع زيادة الاشعاع تسمى نقطة التعويض الضوئي (light compensation point)

نباتات C_4 لها معدل واطئ لتركيب ثاني اوكسيد الكاربون تحت شدة ضوء واطئة مقارنة بنباتات C_3 وبزيادة الاشعاع فان العكس هو الحقيقة .

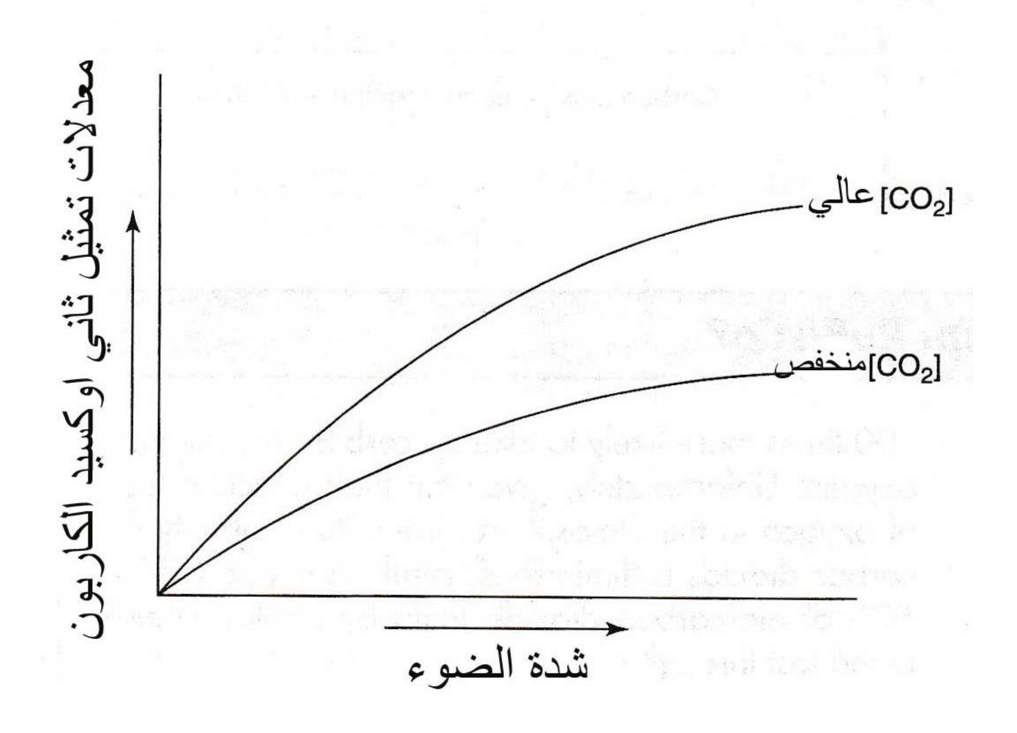
تعد نباتات C_4 ذات معدلات اعلى لتركيب ثاني اوكسيد الكاربون بالمقارنة مع نباتات C_3 وهذه الاختلافات تعزى اولا الى تاثير التنفس الضوئي والذي يحدث في مسار نباتات C_3 . تؤثر شدة الضوء على المظهر الخارجي للاوراق ، فالنباتات النامية تحت شدة اضاءات عالية تكون اوراقها اسمك واضيق من تلك النامية تحت اضاءات قليلة . اي محصول يمكن ان ينمو جيدا تحت شدة اضاءة عالية ؟ ماذا بشان النمو تحت شدة اضاءة قليلة ؟



شكل 6.4. المعدلات النسبية للتركيب الضوئي في نباتات C_3 و C_4 و وفق تاثرها (a) درجات الحرارة (b) شدة الضوء . التركيب الضوئي لنباتات C_4 اكثر كفاءة من نباتات C_3 تحت ظروف الحرارة العالية والجفاف وشدة السطوع اذ انه تحت هذه الظروف فان نباتات C_4 لا تتنفس ضوئيا كما في C_3 .

ثاني اوكسيد الكاربون Carbon Dioxide

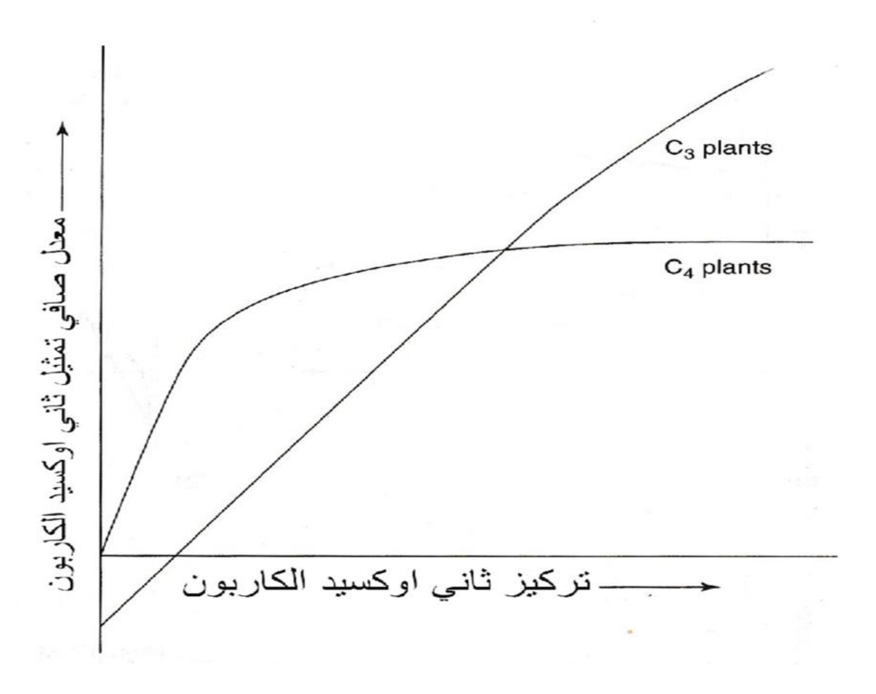
ينتج عن زيادة كل من شدة الاضاءة و تركيز ثاني اوكسيد الكاربون زيادة في معدل صافي تركيب ثاني اوكسيد الكاربون (شكل 4 . 7) . ان نباتات C_4 لها نقطة تعويض ثاني اوكسيد الكاربون اقل لانها اكثر كفاءة في اقتناص ثاني اوكسيد الكاربون من نباتات C_3 . ان الزيادة الصناعية لتركيز ثاني اوكسيد الكاربون في الغلاف الجوي (carbon dioxide fertilization) هي استراتيجية في انتاج البيوت البلاستيكية لزيادة انتاج المحاصيل ، فعملية حصر (تحديد) الغلاف الجوي يعمل على زيادة نمو تركيز ثاني اوكسيد الكاربون من 0.035 الى 0.01% وهذا يضاعف معدل صافي تركيب ثاني اوكسيد الكاربون .



شكل 7.4. تاثير تركيز ثاني اوكسيد الكاربون على التركيب الضوئي . زيادة تركيز CO_2 في الهواء الى 0.10% معروف عنها تضاعف معدل التركيب الضوئي في نباتات C_3 نتيجة تقليل التنفس الضوئي . ان فائدة زيادة تركيز CO_2 تكون محدودة بسبب انغلاق الثغور وتوقف التركيب الضوئي تحت تراكيز ثاني اوكسيد الكاربون اعلى من 0.15%

نباتات C_3 ، C_4 يختلفان معنويا في زيادة صافي تركيب ثاني اوكسيد الكاربون كنتيجة لزيادة تركيزه ، فالزيادة التدريجية تكون اكبر في نباتات ثلاثية الكاربون مقارنة بالرباعية .

هذه الاختلافات توضح حقيقة ذلك ان انزيم Ribisco الذي هو النظام المستقبل الاول لثاني اوكسيد الكاربون في نباتات ثلاثية الكاربون له ميل اقل من الفسفواينول بايروفيت كاربوكسليز (PEP) في نباتات رباعية الكاربون وهذه القلة في الميل تجعل من Ribisco ذا متطلبات اعلى من تركيز ثاني اوكسيد الكاربون ليصبح مشبعا. والسبب الاخر هو ان مجموعتي النباتات الثلاثية والرباعية لهما نقطتا تعويض لثاني اوكسيد الكاربون مختلفتين فنقطة التعويض هذه في نباتات ثلاثية الكاربون تبدو اكبر من 5 الى 10 مرات من نباتات رباعية الكاربون .



شكل 8.4 . المعدل النسبي للتركيب الضوئي في نباتات C_3 ونباتات C_4 وفق تاثرها بتركيز ثاني اوكسيد الكاربون . ان نقطة تعويض ثاني اوكسيد الكاربون (تركيز ثاني اوكسيد الكاربون في ذلك النبات الذي لا ينتج عنه صافي تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون) تكون عالية لنباتات C_3 50 جزء بالمليون في درجة حرارة 25 م^0 و 21% اوكسجين C_4 لها نقطة تعويض واطئة لثاني اوكسيد الكاربون وهي تحدث في 0 الى 5 جزء بالمليون .

درجة الحرارة Temperature

كيف تؤثر درجة الحرارة في التركيب الضوئي ؟

تعد عملية تركيب ثاني اوكسيد الكاربون عملية كيموحيوية وتتضمن عمل انزيمات ، والانزيمات كما هو معروف عنها حساسة لتاثيرات الحرارة ، فمعدل التركيب الضوئي يميل للهبوط كلما انخفضت درجة الحرارة وان تاثير الحرارة في التركيب الضوئي يتاثر بشدة الضوء ، على العموم فان الانواع النباتية المتكيفة للمناطق المعتدلة يتضاعف معدل تركيب ثاني اوكسيد الكاربون لكل عشرة درجات مئوية (18 فهرنهايت) زيادة على ان لا يكون الضوء عامل محدد فضلا عن ان النباتات الاستوائية تحتاج درجات حرارة اعلى للوصول الى اعلى تركيب ضوئي من نباتات المناطق المعتدلة .

الماء Water

يتاتى دور الماء في عملية التركيب الضوئي من خلال تنظيم عملية انفتاح وانغلاق الثغور تحت ظروف الاجهاد المائي (نقص الماء) الناجم عن نقص رطوبة التربة اذ ان مايفقده النبات بعملية النتح يزيد عما تمتصه الجذور من الماء مما يتسبب عنه اختزال حاد للفتحات الثغرية والذي يترافق مع نقص في فعاليات الانزيمات. ان زيادة مقاومة الثغور تقلل من عملية التبادل الغازي لثاني اوكسيد الكاربون والاوكسجين ويؤدي ذلك الى تقليل معدل تركيب ثاني اوكسيد الكاربون.

طول النهار Length of Day

تبدو كل العوامل متساوية الاهمية في تاثيرها في عملية التركيب الضوئي ضمن حدود معينة . تنتفع النباتات من مدة الاضاءة الاطول او من طول النهار وذلك بزيادة

التركيب الضوئي والذي يؤدي الى نمو اسرع ، فمشغلوا البيوت البلاستيكية يعتمدون على هذه الالية وذلك بتجهيز النباتات بشدة ضوء تكميلية باستعمال مادة البولي اثيلين او الاضاءة الصناعية والتي تعد احد الوسائل التي يتم من خلالها تبني هذه الستراتيجية اي الاستفادة من شدة الاضاءة لتحقيق زيادة في عملية التركيب الضوئي والنمو والحاصل رغم انخفاض شدة الاضاءة خارج البيت الزجاجي او البلاستيكي .

معدل التركيب الضوئي يتاثر باحتياجات نمو وتطور النبات

Photosynthesis Rate is Affected by Growth and Development Needs of Plants

يتاثر انتظام سير عملية التركيب الضوئي بفعالية المصب (sink activity) للنبات . فمعدل التركيب يكون اقل عندما تكون الاوراق فتية صغيرة وغير متوسعة وتهبط سرعة التركيب كذلك في حالة شيخوخة الاوراق وتصل فجأة الى التوقف . ان مواقع النمو السريع في النباتات التي يحصل فيها عمليات تراكم او خزن نواتج التركيب الضوئي وهذه الاجزاء تسمى الانسجة المصب (sink tissues) او المصبات البسيطة (simple sinks) . ان الاوراق كاملة التوسع والامتداد هو الجزء النباتي الذي تحصل فيه عملية التركيب الضوئي التي يتحقق عنها نواتج يطلق عليها ورقة المصدر (source leaf) او ببساطة المصدر . ان الاحتياجات التي تتطلبها انسجة المصب يطلق عليها متطلبات انسجة المصب (sink tissue demaned) او ببساطة متطلبات المصب (sink demaned) . تتاثر تلك المتطلبات بفعالية التركيب الضوئي لورقة المصدر .

التنفس الخلوي :- حصاد الطاقة الكيميائية من جزيئات الغذاء

Cellular Respiration : Harvesting Chemical Energy from Food Molecules

هل ان كل الخلايا النباتية تتنفس ؟ التنفس الخلوي (cellular respiration) هو تلك الفعالية التي من خلالها تحصل الخلايا على الطاقة من الغذاء . ليس كل الخلايا تقوم بالتركيب الضوئي لكن كل الخلايا يحصل بها تنفس والتنفس عملية مستمرة على مدار 24 ساعة في الخلايا النشطة بغض النظر عن حدوث التركيب الضوئي في ذات الخلية وفي الوقت نفسه. ان الطاقة التي يتم حصادها من ضوء الشمس يتم خزنها بهيئة اواصر كيميائية لجزيئات طاقة خاصة التي تسمى ATP . التنفس يشبه التركيب الغذائي كونه تفاعل اكسدة - اختزال (redox).

يحدث التركيب الضوئي في البلاستيدات الخضراء بينما يحدث التنفس في المايتوكوندريا . التنفس ربما يوصف على انه عكس التركيب الضوئي ، فالتنفس يحتاج الى الاوكسجين لذلك يسمى بالتنفس الهوائي (aerobic respiration) . وعلى اية حال فانه تحت ظروف معينة فأن التنفس يمكن ان يحدث تحت ظروف نقص في الاوكسجين ويسمى في هذه الحالة تنفس لاهوائي (anaerobic respiration) . في انتاج المحاصيل فأن المنتج يسعى جاهدآ لتجنب تلك الظروف التي تؤدي بالنبات الى ان يتنفس تنفسآ لا هوائيآ .

وعلى اية حال فأن مادة الغمير (silage) يتم تصنيعها تحت ظروف لاهوائية بالاعتماد على عملية التنفس اللاهوائي والتي سيتم مناقشتها لاحقآ. (فصل الحصاد وخزن المحاصيل)

الطاقة الشمسية المحصودة كلها لا تدمج مباشرة في الكتلة الحيوية للنبات

All Harvested Energy does not Directly impact Biomass

كيف يستطيع النبات استعمال الطاقة التي يحصل عليها في التنفس ؟

يستعمل النبات الطاقة المتحصل عليها من التنفس بمسارين عامين هما :- الاستدامة (maintenance) والنمو (growth).

تنفس الاستدامة Maintenance Respiration

يستعمل النبات جزء من الطاقة المتحققة عن التنفس لاستدامة حياته ودعم وظائفه. وهذا النشاط الذي يقوم به النبات داخل جسمه يسمى تنفس الاستدامة (maintenance respiration) والذي ربما لا يؤثر مباشرة في المادة الحيوية المتراكمة في النبات . تتضمن الاستدامة تبديل او اصلاح المكونات النباتية الكيميائية جزء من الطاقة يتم الانتفاع بها في استدامة عملية التركيب الضوئي ويمكن أيجاز تنفس الاستدامة بما يأتي :-

الطلب على تنفس الاستدامة للنبات هو= الطاقة المحفوظة لتبديل او اصلاح المكونات النباتية + الطاقة المستعملة لاستدامة تدرج التركيز+ الطاقة المفقودة خلال عمليات التحلل المائي الكيميائي الذاتي .

الطاقة مطلوبة في عمليات اخذ المغذيات واستدامة الجهد الاوزموزي في الخلايا ، ان كمية الطاقة المطلوبة للاستدامة تعتمد على كمية الكتلة الحيوية والمركبات والفعاليات المرتبطة بها وهكذا فان فعاليات الاستدامة تمثل طاقة مصروفة تقلل من كمية صافي الكتلة الحيوية لذا فان طاقة الاستدامة يجب ان تختزل الى اقل مايمكن في الانتاج الزراعي . ان كمية الطاقة والمواد التي تحتاجها للاستدامة تتاثر بعوامل عدة

منها حجم النبات وعمره والمحتوى من النيتروجين للتراكيب الباقية على قيد الحياة وعوامل المناخ في منطقة الانتاج .

تزداد فعالية الجزيئات بزيادة درجة الحرارة ، كما لو ان النبات ينمو فانه يزداد في الحجم وتتراكم كميات كبيرة من الانسجة والمواد التي ترافق عمليات التعمير والنضج مثل اللكنين والسيليلوز والنشأ وعموما فان تلك المواد تتطلب اقل ما يمكن من الاستدامة . وهذه تسبب ان نسبة كبيرة من صافي التركيب الجديد ليذهب الى الاستدامة وهذه الحالة تصلها نباتات المحصول عند بلوغها اكبر نسبة للخيمة النباتية ففي هذه المرحلة التركيب يكون بمعدلات ثابتة بينما الكتلة الحيوية وتنفس الاستدامة يستمران بالزيادة .

ان معدل استدامة التنفس يزداد خطيا مع المحتوى من النيتروجين في النبات . تحلل البروتينات واللبيدات (تكسرها) يكون بطيئا وكذلك فان عملية بنائها في نفس الموقع سوف تصرف طاقة (ATP) ويحدث صافي تغير في محتوى البروتينات واللبيدات وبشكل عام فان النباتات الغنية بالنيتروجين تحتاج الى نسبة اكبر من ممثلات جديدة مقارنة بتلك النباتات النامية في بيئات باردة .

تنفس النمو Growth Respiration

لانتاج المحصول فان التنفس الذي يكون فعله مباشرة في تخليق الكتلة الحيوية يسمى احيانا تنفس النمو (Growth Respiration) وله اهمية اساسية .

ان العمليات الهدمية (Catabolism) تعمل على تجهيز الطاقة التي تتطلبها عمليات التركيب الحيوي والتفاعلات النباتية التي تقود الى تكوين النواتج الخلوية التي يتم استعمالها في نمو النبات وانتاج الحاصل . كما اشرنا سابقا فان منتج النبات المطلوب ربما يكون المنتج الاجمالي للنبات (الكتلة الحيوية) او منتج خاص مثل

(الزيت ، المحتوى البروتيني) . ان كمية المواد المتمثلة الناتجة والمطلوبة للتركيب الضوئي والنشاط النباتي تعتمد على تركيب المنتج الاقتصادي المطلوب .

التنفس الضوئي يحصل في ثلاث مراحل

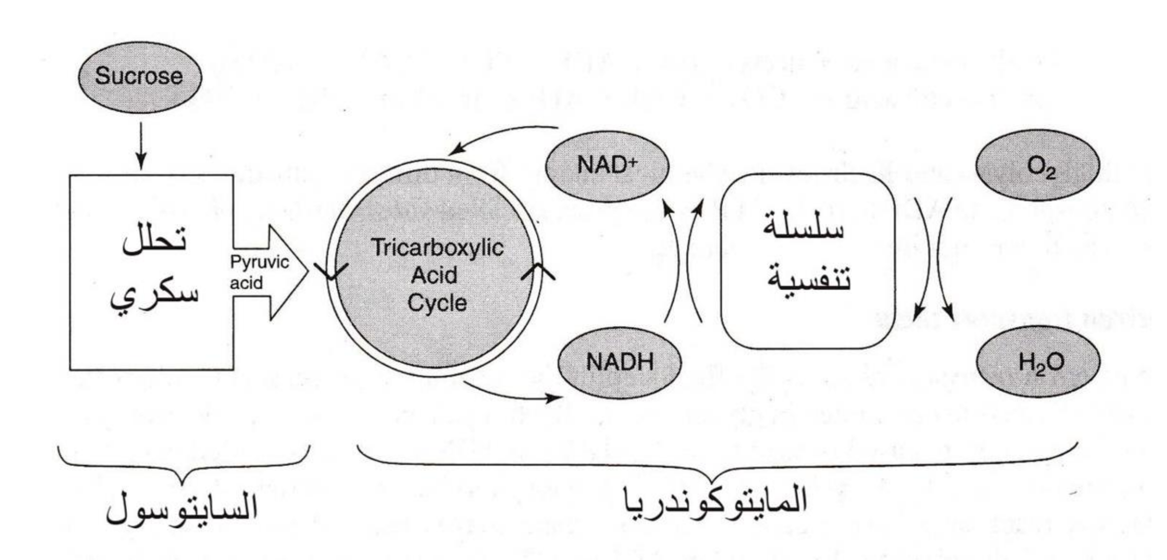
Aerobic Respiration Occurs in Three Stages

كيف تستخلص فيه الخلايا الطاقة ليتم حجزها في مركبات عضوية ؟

ان التفاعل العام الذي يتضمن عملية التنفس الهوائي يمكن ايجازها بالمعادلة الاتية :-

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + Energy$$

وهناك ثلاث مراحل في التنفس الهوائي وهي التحلل السكري (Glucolysis) و دورة كريبس (kerbs cycle) او ما تسمى بدورة (Krebs Tricarboxylic Acid) والمرحلة الثالثة هي سلسلة نقل الالكترون (شكل 4 . 9)

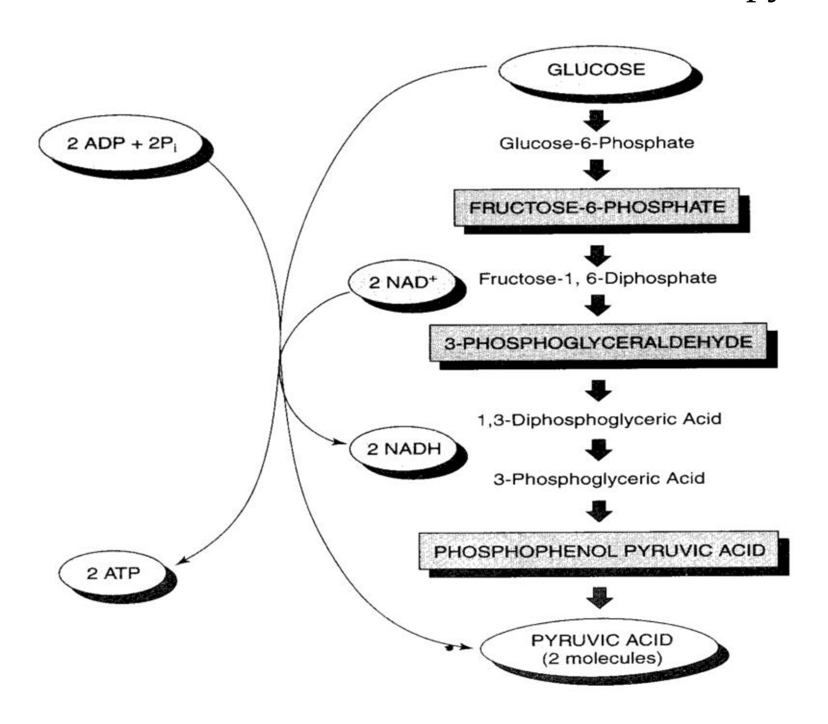


شكل 4 . 9. الخطوات الثلاث الاولى للتنفس لهوائي تتضمن ثلاث مجاميع مفتاحية من التفاعلات تسمى التحلل السكري (glucolysis) ودورة حامض الكاربوكسليك الثلاثي (TAC) والسلسلة التنفسية (respiratory chain) وهذه التفاعلات تحدث بالتعاقب فناتج احدهما يغذي التفاعل الذي يليه . التحلل السكري يحدث في سايتوسول الخلية بينما التفاعلان الاخران يحدثان في المايتوكوندريا .

التحلل السكري Glucolysis

يتضمن التحلل السكري او شق السكر (sugar splitting) تكسير جزيئة السكر الى حامض البايروفيك (pyruvic acid) وتتم الفعاليات في عشرة خطوات في السايتوسول . وهذه الخطوة من التنفس الهوائي يمكن تلخيصها بالمعادلة الاتية :-

$$\text{Glucose} + 2\text{NADH}^{+} + 2\text{ADP} + 2\text{Pi} \longrightarrow 2 \text{ pyruvic acid} +$$



شكل 4 . 10 . ملخص لعملية التحلل السكري هي فعاليات لعشر خطوات تحدث في السايتوسول وتتضمن شق جزيئة السكر الى جزيئتين ثلاثيتي الكاربون والطاقة الكيميائية الناتجة من تكسر الاواصر من المواد الاساسية تستعمل لربط مجموعة الفوسفات بـ ADP لتكوين ATP تسمى (فسفرة الركيزة الاساسية)

ويجب الانتباه الى ان اغلب المراحل في مسار التحلل السكري هي عكسية (فمثلا الكلوكوز يمكن ان يعاد تركيبه من سكر الفركتوز -6-فوسفات وذلك بازاحة الفوسفات) . النصف الاول من عملية التحلل السكري يستعمل ATP و NADPH يصنعان في النصف الثاني من عملية التحلل السكري وان اغلب الطاقة من الكلكوز تبقى محفوظة في حامض البايروفيك حتى الخطوة اللاحقة .

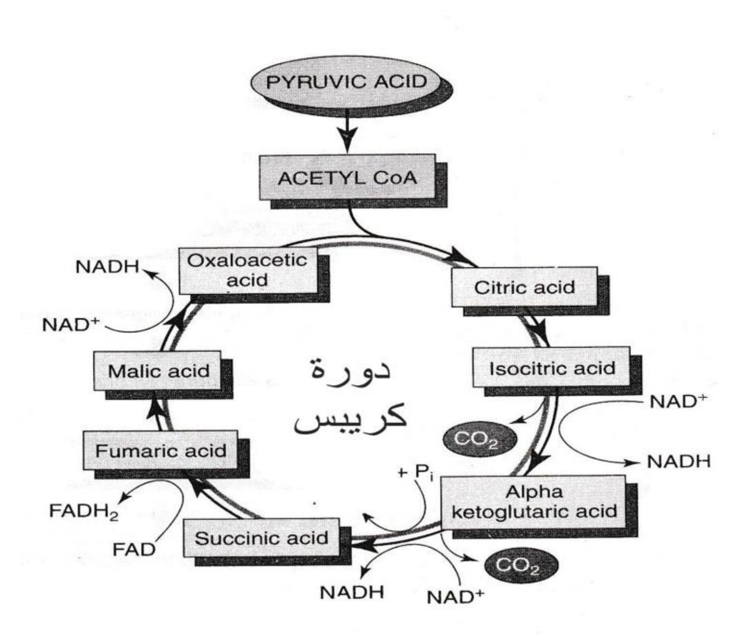
دورة كريبس Kerbs Cycle

يدخل حامض البايروفيك دورة كريبس (TCA Cycle) في المايتوكوندريا (شكل 4 – 11) وان ملخص التفاعلات والتي تسمى (Oxidative decarboxylation) وكما ياتي :-

Oxaloacetic acid + acetyl CoA +ADP + Pi + $3NAD^+$ + FAD →

Oxaloacetic acid + $2CO_2$ + CoA + ATP + 3NADH + $3H^+$ + $FADH_2$

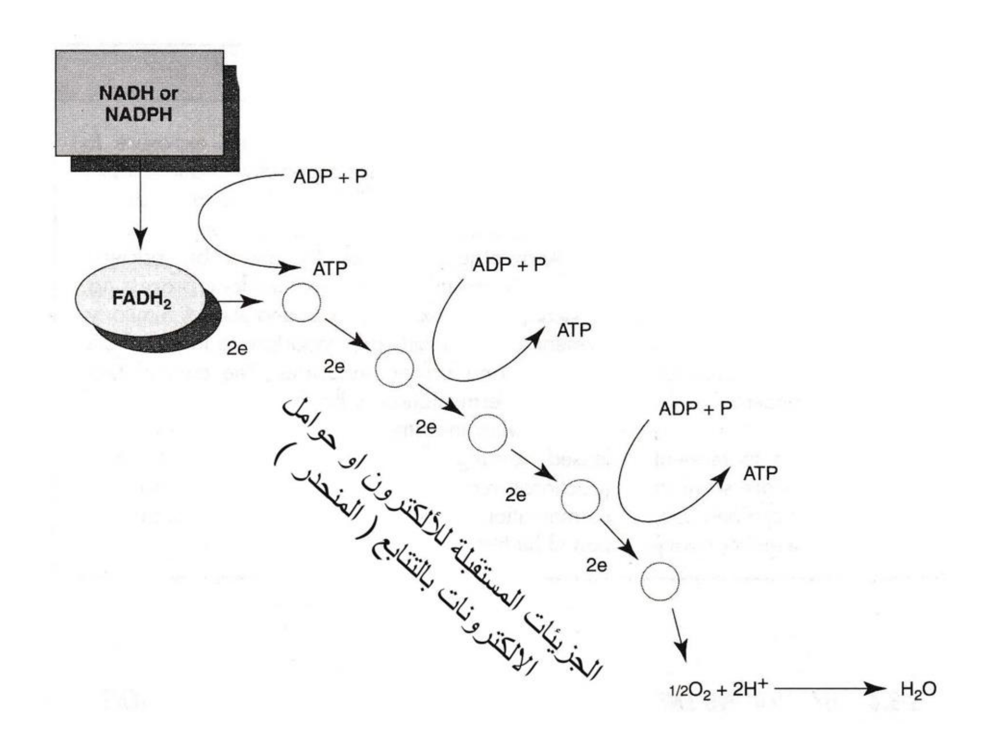
في كلا من التحلل السكري ودورة كريبس فان الطاقة من المواد الاساسية المختلفة تستعمل لربط الفوسفات بالـ ADP لتكوين ATP بعملية تسمى الفسفرة الضوئية على مستوى المادة الاولية (CO_2 والماء) Substance – level Phosphorylation والتي لا تتضمن الغشاء .



شكل 4 . 11 . ملخص دورة حامض الكاربوكسيليك الثلاثي او دورة كريبس اذ تبدأ الدورة عادة acetyl CoA وهو مادة اولية كما في التحلل السكري فان دورة كريبس تتضمن فقط فسفرة في مستوى سبعة من الثمان مراحل تحدث في حشوة المايتوكوندريا . المرحلة السادسة تتضمن Ubiquinone واكسدة حامض السكسونك الى حامض الفيورمارك وتحدث فى غشاء المايتوكوندريا

سلسلة نقل الالكترون Electron Transport Chain

ان سلسلة نقل الالكترون هي المرحلة الاخيرة في عملية التنفس وتتضمن عمليات نقل الالكترونات التي توالدت في عملية التحلل السكري و انحدار دورة كريبس ولاي تدرج الكتروني . الطاقة المتحررة سوف تستعمل لتكوين ATP من الـ ADP بعملية تسمى الفسفرة الضوئية التاكسدية Oxidative Phosphorylation (شكل 4 . 12) في الفسفرة هناك سلسلة من تفاعلات اكسدة – اختزال لسلسلة نقل الالكترون والتي تجعل من الخلية ان تستعمل الطاقة الموجودة في NADPH والابيكوينول لفسفرة ADP الى ATP . الاوكسجين يكون مطلوبا فقط في نهاية سلسلة نقل الالكترون كمستقبل للالكترون . ويعد المستقبل الاقوى في السلسلة وان نقص الاوكسجين يثبط كلا من سلسلة نقل الالكترون و دورة كريبس في التحلل السكري .



شكل 4. 12. ملخص الفسفرة الضوئية التاكسدية . سلسلة نقل الالكترون تتضمن سريان الالكترونات باسلوب الانحدار العال مما تتحرر عنه طاقة لتكوين ATP

ان ملخص الفسفرة التاكسدية هو ان سلسلة نقل الالكترونات تتضمن تتابع انتقال الالكترونات كنمط انحدار التل مما ينجم عنه تحرر طاقة تؤدي الى تكون ATP .

جدول 4 .1. الطاقة المنتجة من دورة تنفسية هوائية واحدة

التفاعل الايضي	نوع مساعد الانزيم المنتج	حاصل ATP لكل مساعد انزيم	الحاصل الكلي ATP
التحلل السكري	مباشر	2	2
	2 NADH	2	4
Oxidative decarboxylation of Pyruvate to Acetyl CoA	2NADH	3	6
Krebs Cycle	(from GTP)	2	2
	6NADH	3	18
	$2FADH_2$	2	4
الحاصل الكلي من ATP			36

الخلايا يمكن ان تستخلص تقريبا نصف كمية الطاقة الكامنة للجزيئات العضوية لاستعمالها كوقود

Cell Can Extract Nearly Half of the Potential Energy of Organic Molecules used as Fuel

كيف تكون كفاءة التنفس لاستخلاص الطاقة من الجزيئات العضوية ؟ ان وفرة امداد الخلايا بالاوكسجين يمكنها ان تستخلص حوالي 40% من الطاقة الكامنة للجزيئات العضوية والتي تستعمل كوقود للتنفس . ان الانواع المختلفة من الجزيئات العضوية يمكن ان تستعمل كمصدر للطاقة من قبل الخلايا مثال (الدهون ، البروتينات، السكريات المتعددة) وفي نهاية دورة واحدة من التنفس الهوائي فان جزيئة واحدة من الكلوكوز تعطي حاصلا صافيا مقداره 36 جزيئة ATP .

التخمر الكحولي او التنفس اللاهوائي

Fermentation or Anaerobic Respiration

التنفس في اغلب الكائنات الحية يتطلب اوكسجين (تنفس هوائي) وعلى اية حال فان التحلل السكري هو جزء من التنفس الهوائي لا يتطلب اوكسجين ، فتحت ظروف نقص الاوكسجين فان حامض البايروفيك لا يدخل دورة كريبس وانما يتحول بخطوتين من تفاعل انزيمي الى كحول اثيلي وثاني اوكسيد الكاربون . ان الفعاليات تتضمن تحويل الكلوكوز الى كحول وثاني اوكسيد الكاربون مكونة تخمر كحولي . هناك بكتريا معينة وفطريات لا تنتفع بالاوكسجين كمستقبل اخير وبذلك يكون تنفسها لا هوائيا (اي تنفس بغياب الاوكسجين) .

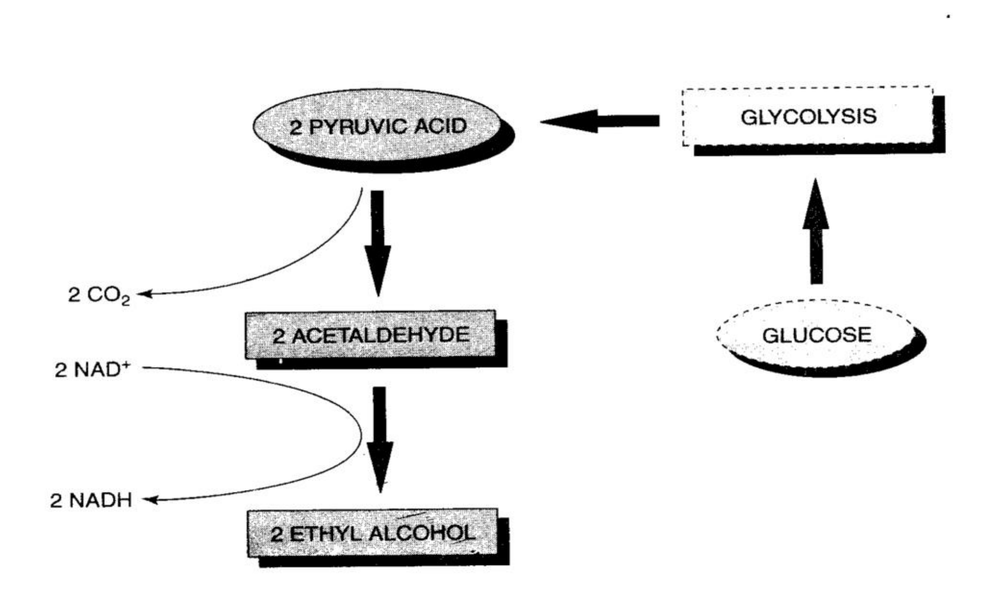
ان انسجة النباتات العليا تبدأ بعملية التخمر عندما تحرم من الاوكسجين ، فالبذور عندما تزرع في تربة رطبة جدا او النباتات التي تنمو في ترب رديئة البزل فانها تنزع الى التخمر الكحولي . تختلف البذور في قابليتها للبقاء لمدة طويلة من التعرض للظروف اللاهوائية . بذور الرز خصوصا والى حدود اقل بذور البزاليا والذرة الصفراء لها قابلية البقاء لبعض الوقت تحت ظروف استنفاد الاوكسجين .

التنفس اللاهوائي من قبل البكتريا اللاهوائية والفطريات يكن استغلاله في عمليات الاغذية التجارية ومثال عليها في صناعة الاجبان واللبن والشيء نفسه فان منتجات التخمر مهمة في صناعات الكيك والبيرة . ان الكحول المنتج عن طريق التخمر هو الاساس في صناعة المشروبات الكحولية بينما ثاني اوكسيد الكاربون يتحرر خلال عملية التخمر بوساطة خمائر الخبيز (sachraromyces cerevisiae) التي تسبب نفاشية العجين ، التخمر الكحولي كذلك يستعمل وبنجاح لانتاج غمير (سيلاج) عالي النوعية .

حصاد الطاقة تحت الظروف اللاهوائية تكون غير كفوءة

Harvesting Energy under Anaerobic Condition is Inefficient

تحت ظروف نقص الاوكسجين فان الناتج النهائي للتحلل السكري لايكون حامض البايروفيك ولكن كحول اثيلي (ethanol) هذه العملية تسمى التخمر (fermentation) (شكل 4 . 13) ما لم يكن النبات حاويا على خلايا بارنكيمية التي تكيفت للقيام بهذه العملية فان بعض النباتات تقوم بعملية التخمر عندما تنمو في الطين او في الماء المستنفذ منه الاوكسجين . ان المسار اللاهوائي يكون اقل كفاءة من المسار الهوائي فهو ينتج فقط جزيئتين من ATP . وعلى اية حال فان التخمر الكحولي يكون مفيدا ومرغوبا في معالجات مابعد الحصاد لبعض المنتجات . يعد تصنيع الغمير (السيلاج) مثالا جيدا على عملية التخمر الكحولي يعتمد نجاحها على عملية تخمر كحولي مناسبة .



شكل 4 . 13. ملخص عملية التخمر الكحولي . التفاعلات اللاهوائية للتنفس بمجملها تسمى التخمر الكحولي . العملية تنتج قليلا اولا تنتج ATP وعلى اية حال فهي مهمة اقتصاديا للمجتمع في تصنيع الاغذية مثل تحضير الجبن واللبن وعمليات تحضير المشروبات الكحولية المختلفة .

التركيب الضوئي والتنفس وقود النمو والتطور

photosynthesis and Respiration Fuel Growth and development

النمو عملية غير عكسية (growth is an irreversible process) كيف يختلف نمو (البلورة) او كرة الثلج عن نمو النبات ؟

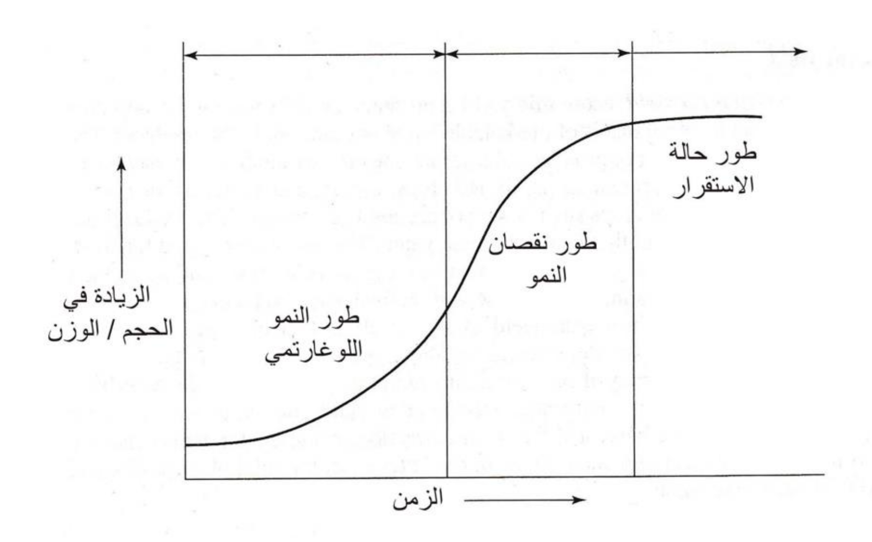
النمو عملية اطرادية (progressive) وغير عكسية (irreversible) وتتضمن ثلاثة نشاطات هي انقسام خلوي (cellular division) وتوسع (enlargement) وتمايز (differentiation). الانقسام الخلوي يحدث بوساطة الانقسام الخيطي متبوعا بأنقسام السايتوبلازم . توسع الخلية يحصل عندما تأخذ الخلية الماء بالالية الاوزموية وعملية انتشار الماء او مذيبات اخرى خلال الاغشية النفاذة من منطقة التركيز العالي الى منطقة اخرى ذات تركيز واطئ . ان دخول الماء الى الخلية يؤدي الى انتفاخها مسببا زيادة حجمها ومولدة ضغطا على جدرانها يسمى ضغط الانتفاخ (turger pressure) لذا فان الجهد المائي للخلية (cell water potential) هو محصلة الجهد الاوزموي الذي يعبر عن تركيز الذائبات في محلول الخلية اذ يقل الجهد المائي بزيادة الذائبات ويزداد بزيادة ضغط الانتفاخ . وهكذا فان الحالة المائية للنبات تكون مهمة وحرجة لنموه وتطوره .

ينتج عن النمو زيادة في تراكم المادة الجافة عندما يكون النبات نشطا في عملية التركيب الضوئي . ان معدل النمو يعبر عنه بانماط معينة عادة يتم وضعها بوساطة منحنى اسي (sigmoid curve) (كما في الشكل 4 . 14) . ان المنحنى بشكل حرف S فيه ثلاثة اجزاء محددة هي :-

1- **طور النمو اللوغارتمي Logarithmic Growth Phase** :- خلال هذا الطور فان النبات تحصل فيه احداث تؤدي الى زيادة معدل النمو وهذه الاحداث في الطور الذي يتضمن الانبات والنمو الخضري.

2- طور قلة النمو Decreasing Growth Phase :- ان طور قلة النمو يوصف ببطئ معدل النمو وان نشاطات النباتات في هذه المدة تتضمن الازهار والاثمار وامتلاء البذور .

3- طور توقف النمو Steady Growth Phase :- في هذا الطور فان معدل النمو اما يميل للهبوط او يتوقف وان نشاطات هذا الطور تتضمن النضج (maturation) .



شكل 4 . 13. وصف نمط المنحنى الاسي والذي يرافق النمو الحيوي

وهناك من يضع منحنى النمو الاسي في خمسة اطوار محددة وهي كما في (الشكل 4 . 15) :-

1- الطور المتخلف Lag phase
2- طور القياس Log phase
3- - نقص في معدل النمو Decreasing Growth Rate
4- هضبة النمو Plateau
5- الشيخوخه Senesence

ان هذه الاطوار تتضمن :-

1- يعبر عن بدء نشوء طور التخلف من خلال تغييرات داخلية تحدث للتحضير لمرحلة النمو اي هي طور تحضيري لما بعده وان الزيادة في الحجم تكون بطيئة وليست ذات قيمة كبيرة .
2- هذه تتوسع بوساطة طور القياس او مدة القياس للنمو او هي مدة شاملة او كلية من خلال النمو السريع وعندما يرسم لوغاريتم النمو مقابل الزمن فانه خطا مستقيم يحدث هذه المرة
3- لاحقا هو الطور الذي فيه معدل النمو ينقص تدريجيا .
4- هو الهضبة التي يصل فيها الكائن الحي لتوقف النمو والنضج .

اخيرا الشيخوخة وموت الكائن الحي يحصل معطيا صعود لمكونات اخرى من منحنى النمو .

ليست كل المادة الجافة المتراكمة اقتصادية

All Dry is not Economic

انتاجية المحصول او انتاجه هو المعدل الذي يقوم به المحصول بمراكمة المادة العضوية في وحدة المساحة في وحدة الزمن وهذا يعتمد بالدرجة الاساس على فعالية التركيب الضوئي (تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية بوساطة النباتات الخضراء) .

مفهوم العوامل المحددة Limiting Factors

ان نمو النبات هو وظيفة (function) لمختلف عوامل المحيط او عوامل النمو وهناك مفاهيم عدة لها علاقة بذلك التاثير على نمو المحصول والتي تم تطويرها بقوانين وضعت من قبل عدد من المشتغلين وكما ياتي :-

1- **قانون ليبج للحد الادنى Liebg Law of Minimum Limit :-** اقترح ليبج (Justus von Liebg) قانون الحد الادنى عام 1862 وطبقا لذلك فان نمو النبات يتحدد بوساطة العنصر الغذائي الذي يتواجد باصغر كمية حتى ولو كانت العناصر الاخرى بكميات كافية وهذا يبدو على انه مفهوم البرميل اذ ان البرميل الذي له اضلاع باطوال مختلفة وهو لايستطيع ان يحوي شيئا اعلى من اقصر ضلع فيه وكذلك النمو لا يمكن ان يكون اكبر مما يسمح بع العامل الاقل جاهزية

2- **قانون بلاكمان للعوامل المحددة والمثلى Blackmans Law of Optima and Limiting Factors :-** لقد اقترح بلاكمان عام 1905 قانون العوامل المحددة والمثلى الذي اوجزه على ان سرعة اية فعالية تتحدد بعوامل عدة من العوامل المحيطة المنفصلة وحيث ان سرعة تلك الفعالية تحددها خطوة العامل الابطئ .

3- **قانون ميتجرلج للعامل الاضعف Mitscherlichs Law of Diminishing Factors :-** ويسمى قانون ميتجرلج لعودة النقص . اذ طور ميتجرلج معادلة عام 1909 لعلاقة النمو مع تجهيز المغذيات للنبات فعندما يجهز النباتات بكمية كافية من كل العناصر الغذائية الا ان احد تلك العناصر يكون محدود التجهيز فان النمو يكون نسبه الى كمية ذلك العنصر (المحدود) وان النمو يزداد كلما اضفنا كمية اكثر من ذلك العنصر وليس كنسبة مباشرة الى الكمية المضافة (الكلية) من ذلك العنصر . ان الزيادة في النمو مع كل اضافة لاحقة في العنصر المحدد تكون اصغر كلما تقدمنا وقد عبر عنها ميتجرلج رياضيا بالمعادلة الاتية :-

$$\frac{dy}{dx} = (A – y) C$$

اذ ان :-

$\frac{dy}{dx}$:- معدل النمو

A :- الحد الاعلى للحاصل المتوقع مع مستوى كاف من كل عوامل النمو

y :- الحاصل المتحصل عليه تحت عامل النمو قيد التاثير

X , C :- هي نسب ثابتة

4- قانون ولكوكس (Wilcox) لمعكوس حاصل – نيتروجين Inverse Yield – Nitrogen Law :- اوجز ولكوكس عام 1929 قانون معكوس حاصل – نيتروجين على ان قوة قابلية النمو او الحاصل لاي نبات من نباتات المحصول هو انعكاس لمتوسط نسبة المحتوى النيتروجيني في المادة الجافة لذلك النبات ، اذ ان نبات المحصول ذو نسبة النيتروجين العالية في مادته الجافة يكون ذا مقدرة انتاج مادة جافة اقل من نبات المحصول ذا النسبة الاقل من النيتروجين و ربط مفهوم التخفيف الذي يحصل لتركيز العنصر .

5- تعديل او ضبط فقر ماكي Macy – Poverty adjustment :- اقترح ماكي عام 1936 ان هناك علاقة قائمة بين كفاية العنصر المغذي ونسبته في النبات وطبقا له فان هناك نسبة حرجة من كل مغذي في كل نوع نباتي . فوق هذه النقطة الحرجة هناك استهلاك غير ضروري او غير مهم وتحت تلك النقطة هناك فقرا او نقص منظم وان هذا الفقر المنظم هو نسبة الى النقص حتى الوصول الى الحد الادنى للنسبة .

تحليل النمو ، التطور والحاصل

Analysis of Growth , Development and Yield

تحليل النمو والتطور يساعد في ايجاد و ضبط الممارسات الطرائق للوصول الى نمو اقصى للمحصول في الحقل . هذا التحليل يتم على اساسه معرفة الاستجابات للعوامل المحيطية المختلفة وممارسات خدمة المحصول ويعطي الفهم او المعنى لكيفية تحسين حاصلات المحاصيل عن طريق تحوير عوامل المحيط المسيطر عليها ، وفي حالة كون جميع العوامل يمكن السيطرة عليها بقدر او باخر فان نموا وتطورا جيدان للمحصول سيتم تحقيقه لذا فان تحليل النمو يشير الى العوامل المحددة وتدلنا على الكوامن القصوى لنبات المحصول والتي يمكن بلوغها . ان القاعدة الاساس الى جانب ذلك المفهوم من التحليل هو تقدير نمو المحصول في مراحل النمو المختلفة واخيرا اسباب تغايرات الحاصل ، وهذه سوف تعطي اشارة ليس فقط على اداء التركيب الوراثي ولكن كذلك حول مدى تاثير دقة الممارسات الحقلية المتبعة لادارة المحصول في اية مرحلة من مراحل النمو اضافة الى الحاصل النهائي .

ان هذه التقانة سوف تتضمن تقدير مكونات النمو ومكونات الحاصل ان تقانة تحليل النمو هي افكار ومفاهيم تستعمل في تحديد وايجاد طرز نباتية مناسبة وهي جوهرية بالنسبة لمربي النباتات في ايجاد تراكيب وراثية مناسبة كما انها ستحدد العوامل المسؤولة عن الحاصل العالي لذا فهي تجهز الاسس لتطبيق الممارسات الحقلية المناسبة .

تحليل النمو Growth Analysis

فسلجة المحصول مع استهداف فهم ديناميكيات تطور الحاصل للمحاصيل بدأت مع العمل الذي قام به W. L. Balls على القطن عام 1917 .

Gregory عام 1917 اقترح ان معدل الزيادة في وحدة المادة الجافة لوحدة المساحة الورقية ، يمكن ان تستعمل لقياس كفاءة معدل صافي التركيب الضوئي للاوراق .

Blackman (1919) وصف نمو النبات بصيغة اطلق عليها دليل الكفاءة لمعدل النمو النسبي . Briggs واخرون (1920) فضلوا مفهوم معدل وحدة المساحة للورقة الى معدل صافي التركيب ، واخيرا فان تراكم المادة الجافة وصف بمفاهيم من معدل صافي التركيب من جهة ومن النمو في المساحة الورقية من جهة اخرى . Waston (1947) طور مفهوم دليل المساحة الورقية (LAI) والذي يعطي طريقة مفيدة لتحليل نمو المحاصيل من خلال قياس نمو الخيمة النباتية وكفائتها في اعتراض الضوء .

Monsi و Sacki عام 1953 من اليابان قاما بجمع مفهوم دليل المساحة الورقية مع معامل الانطفاء (Extinction Coefficient) للضوء النافذ خلال الخيمة النباتية الى كمية الضوء والتركيب الضوئي ضمن المحصول . هناك اختلافات كبيرة تم ملاحظتها بين المجتمعات النباتية بالنسبة لمعامل الانطفاء المحدد بوساطة ميل الاوراق (زواياها) وحجمها ومساهماتها الاخرى .

ان اكثر المعايير شيوعا والتي استعملت لتحليل النمو هي دليل المساحة الورقية (LAI) ومعدل نمو المحصول (CGR) ومعدل النمو النسبي (RGR) ومعدل صافي التركيب (NAR) ومدة المساحة الورقية (LAD) .

دليل المساحة الورقية Leaf Area Index (LAI)

تعد المساحة الورقية الاكثر اهمية في التركيب الضوئي وهو تقدير يشير الى المساحة التركيبية والنمو ، ولانتاج المحاصيل فان المساحة الورقية على مساحة الارض التي يشغلها النبات هي الاكثر اهمية من المساحة الورقية للنباتات الفردية لان

المساحة الورقية للنبات الفردية لا تعطي مؤشرا عن الكثافة النباتية في الحقل وبالتالي قد نصل الى مساحة ورقية جيدة للنبات الفرد الا انه على مستوى الحقل تكون قليلة لذا فان دليل المساحة الورقية يكون اكثر اهمية . ان دليل المساحة الورقية هو نسبة المساحة الورقية للنبات على اساس مساحة الارض التي يشغلها ذلك النبات على الارض .

$$\text{دليل المساحة الورقية } LAI = \frac{Leaf\ Area \text{ المساحة الورقية}}{Ground\ Area \text{ مساحة الارض التي يشغلها النبات}}$$

ولو ان دليل الخيمة الخضراء Green Capony Index (GCI) هو الاكثر دقة لانه يعبر عن تقدير المساحة الخضراء الكلية للنباتات في الحقل فهو تقدير شامل لايهمل اي جزء خضري غير الاوراق يمكن ان يساهم بعملية التركيب الضوئي (كالسيقان واغماد الاوراق والسفا وقنابع السنيبلات .... الخ)

معدل النمو المطلق Absolute Growth Rate (AGR)

هذا المعيار يدل على ان اي معدل فيه نمو المحصول ؟ وفيما اذا كان نمو المحصول في معدل اسرع او ابطئ من الطبيعي ويعبر عنه غرام من المادة الجافة المنتجة خلال اليوم

$$AGR = \frac{W2 - W1}{t2 - t1}$$

اذ ان :- W1 , W2 وزن النبات الجاف في الزمن t2 و t1 بالتتابع

معدل نمو المحصول Crop Growth Rate (CGR)

وهو معدل نمو المحصول في وحدة المساحة ويعبر عنه بالـ غم / م^2 / يوم

$$CGR = \frac{1}{P} \times W2 - W1 \frac{W2-W1}{t2-t1}$$

اذ ان :-P : مساحة الارض

W1 , W2 وزن النبات الجاف في الزمن t2 و t1 بالتتابع

معدل النمو النسبي (Related Growth Rate (RGR

يشير هذا المعيار الى سرعة او معدل النمو لكل وحدة من المادة الجافة ويعبر عنه بالغرام من المادة الجافة والمنتجة بوساطة المادة الجافة القائمة اصلا قبل الزيادة في اليوم .

$$RGR = \frac{loge\ w2 - \log e\ w1}{t2 - t1}$$

اذ ان :-W_1 و W_2 :- هما وزنا المادة الجافة في الزمنين t_1 و t_2 على التتابع .

معدل صافي التركيب Net Assimilstion Rate (NAR)

يشير هذا المعيار مباشرة الى معدل صافي التركيب الضوئي ويعبر عنها بالغرام مادة جافة منتجة لكل دسم^2 من المساحة الورقية في اليوم ولاجل حساب (NAR) فان المساحة الورقية لنبات مفرد تستعمل لكن لا تستعمل دليل المساحة الورقية .

$$NAR = \frac{(W2 - W1)(log\ e\ L2 - loge\ L1)}{(t2 - t1)(L2 - L1)}$$

اذ ان :-

W_1 , L_1:- هما المساحة الورقية والوزن الجاف للنبات في الزمن t_1 .

L_2 , W_2:- هما المساحة الورقية والوزن الجاف للنبات في الزمن t_2 .

مدة المساحة الورقية Leaf Area Duration (LAD)

يعد حاصل المادة الجافة هو وظيفة وفعالية المساحة الورقية ومعدل صافي التركيب و مدة بقاء المساحة الورقية خضراء . ان مدة بقاء المساحة الورقية (LAD) للمحصول هو مقياس لقابليته على انتاج مساحة ورقية على وحدة المساحة للارض خلال مدة حياته وتحسب LAD وفق المعادلة الاتية :-

$$\boldsymbol{LAD}\ (\text{يوم}) = \frac{\boldsymbol{L1+L2}}{\boldsymbol{2}}\,(\,\boldsymbol{t2-1}\,) + \cdots \frac{\boldsymbol{Ln-1+N}}{\boldsymbol{2}} \times \ (\,\mathbf{t_n - t_{n-1}}\,)$$

اذ ان :-

L_1 :- المساحة الورقية في الزمن t_1

L_2 :- المساحة الورقية في الزمن t_2

L_n :- المساحة الورقية في الزمن t_n

L_{n-1} :- المساحة الورقية في الزمن t_{n-1}

تحليل التطور Development Analysis

يمكن تقدير معدلات التطور بطرائق تحليل النمو نفسها . بعض المعدلات التطورية المفيدة التي هي معدل انتاج الاوراق ، معدل بزوغ الاوراق ، سرعة التزهير، عدد الايام الى 50% تزهير وعدد الايام الى النضج .

معدل انتاج الاوراق (LPR) Leaf Production Rate

ان معدل سرعة انتاج الاوراق يمكن تقديرها او حسابها ذلك بحساب عدد الاوراق على النباتات التي تم تعليمها (توضع عليها علامات) والتي تحسب اوراقها بمدد زمنية دورية او متعاقبة ويعبر عنها على انها عدد الاوراق في اليوم

$$LPR = \frac{Ln2 - Ln1}{t2 - t1}$$

عندما يكون L_{n1} و L_{n2} هما عدد الاوراق في الزمن t_1 والزمن t_2 بالتتابع كذلك عدد الفروع يمكن حسابه بنفس الطريقة .

معدل بزوغ النورات (PER) Panical Emergency Rate

ان معدل بزوغ النورات يشير الى سرعة اي من تلك النورات التي بزغت من غمد الورقة ، كما ان سرعة بزوغ النورة تكون ناجمة عن قوة استطالة السلامية ، هذا المعيار يساعد في دراسات الاجهاد المائي .

$$PER = \frac{PI2 - PI1}{t2 - t1}$$

اذ ان :- Pl_1 و Pl_2 هي طول النورة البازغة في الوقت t_1 و t_2 على التتابع .

سرعة التزهير (FR) Rate of Flowering

يشير هذا المعيار فيما اذا كان اغلب الفروع او الاغصان ازهرت في تعاقب سريع اولا وبمعنى اخر فهي تشير الى ما يسمى تزامن التزهير (Synchronous flowering) توضح الى معدل عدد الازهار التي تظهر باليوم .

$$FR = \frac{Fr2 - Fr1}{t2 - t1}$$

اذ ان :- F_{r2} و F_{r1} هما عدد الازهار اللتان ظهرتا في الزمنين t_1 و t_2 بالتتابع .

عدد الايام الى 50% ازهار Days to 50% Flowering

وهي عدد الايام التي وصلت فيها نسبة التزهير الى 50% اي عدد الايام من نقطة او زمن معين وحتى الوصول الى ازهار 50% من عدد النباتات الكلي قيد الدراسة .

عدد ايام النضج Days to Maturity

وهي عدد الايام التي استغرقها النبات للوصول الى النضج .كان يكون النضج الفسيولوجي ويحسب عدد الايام هذا من اي نقطة فان يكون من الزراعة او من البزوغ او من اي مرحلة تطور الى النضج .

تحليل الحاصل Yield Analysis

الحاصل Yield :- هو مصطلح عام يستعمل من قبل منتجوا المحاصيل الحقلية لوصف كمية الجزء من نباتات المحصول والذي يزرع ذلك المحصول من اجله او الجزء قيد الاهتمام الذي سيتم حصاده في المساحة المعطاة في نهاية الموسم او ضمن مدة معينة . ان ذلك الجزء ربما يكون حبوب او بذور او اورق او جذور او ازهار او أي جزء مظهري من اجزاء النبات ومن الممكن ان يكون محتوى كيميائي للنبات مثل الزيت او السكر في المحاصيل الصناعية مثل القطن فان الجزء النباتي الاقتصادي قيد الاهتمام هو الالياف بينما في محاصيل الشاي والقهوة والتبغ فان الجزء النباتي الاقتصادي الهدف هو الورقة ، والمنتج يمكن ان يحصد اجزاء عدة من النبات لاستعمالها او بيعها . ففي محاصيل العلف كل الجزء الخضري يعد حاصلا اقتصاديا .

الكتلة الحيوية Biomass :- هو مقياس للحاصل الذي يستعمله المشتغلين في المجالات العلمية مثل المتخصصين في بيئة النبات لوصف كمية او كتلة المادة

العضوية في مساحة معينة في نقطة الزمن . هذا التحديد يتضمن كلا الجزئين من النبات فوق وتحت الارض في المساحة . منتجو المحاصيل لا يستعملون هذا المقياس في الحاصل لصعوبة قياس الجذور .

ان وزن او قياس حجم المنتج يعطي احيانا وصفا كميا للحاصل وكما في حالة المنتجات السائلة يعتمد وزن الاجزاء المظهرية المحصودة من النبات على محتواها الرطوبي ، فالمحتوى الرطوبي يعد عاملا مهما في قياسات الحاصل خاصة في المحاصيل التي تحصد وهي جافة (حنطة ، شعير ، رز ، ذرة ، ماش ..... الخ) اذ ان وزن حاصل الذرة الصفراء برطوبة 10% سيكون اعلى من حاصل الذرة برطوبة 5% . لاجل التجانس و دقة التسعير فان الصناعات ترتبط مع تلك الانواع من المحاصيل على اساس قياسات تحدد نسبة الرطوبة في وقت البيع .

يستعمل العلماء في بعض الاحيان اسسا اكثر ثباتا لقياسات الحاصل وذلك من خلال طرح نسبة الرطوبة لذلك فان الحاصل في هذه الحالة يعرف على انه كمية المادة الجافة المنتجة في وحدة المساحة من الارض وللحصول على تلك القيمة يجب تجفيف النباتات بوسائل التجفيف المختلفة الى حين ثبات الوزن ثم بعدها يؤخذ الوزن النهائي .

نمو النبات Growth of Plant

ياخذ نمو النبات اوجة عده والذي يبدا بنشاط الجنين وينتهي بالبذرة الناضجة. وان الفعاليات التي يتضمنها النمو تكون معقدة جدا وتتاثر على نحو اساس بالظروف المحيطة التي نفسها تشكل تعقيدا . ان نمو أي كائن حي يزداد في الحجم والتعقيد . الزيادة الكيمة في المادة يرافقها تغيرات في طبيعة تلك الاجزاء لذلك فان النبات والتي تكون صفات نوعية والتغيرات النوعية ترافق الاطوار التطورية لتجعل منها اطوارا واضحة او مميزة .

الانبات Germination

عندما تزرع البذور في تربة رطبة فانها تنبت تحت ظروف الحرارة المناسبة والتهوية الكافية . بذور بعض الانواع النباتية لا تنبت حتى تحت الظروف المناسبة ويقال عن تلك البذور انها ساكنة (dormant) . سكون البذور بمفهوم بسيط يعني منع نمو الجنين وفترة السكون ربما تكون لايام عدة او اسابيع او اشهر والسكون يرجع لاسباب منها :-

1- عدم سلامة تطور الجنين (أي في وضع غير سليم) .

2- تراكيز عالية من مثبطات النمو .

3- صلابة وعدم نفاذية غلاف البذرة .

يعد سكون البذور في المحاصيل اقل اهمية في حالة حصوله لمدة قصيرة جدا او عندما يكسر السكون خلال المدة من الحصاد الى الزراعة القادمة والسكون له اهمية في نباتات المراعي والادغال .

على اساس الاحتياجات الضوئية للانبات تقسم البذور ثلاث مجاميع :-

1- **Positive Photoblastic** :- هذه المجموعة تحتاج الضوء لحث الانبات .

2-**Negative Photoblastic** :- هذه المجموعة لا تنبت بذورها عندما تتعرض للضوء .

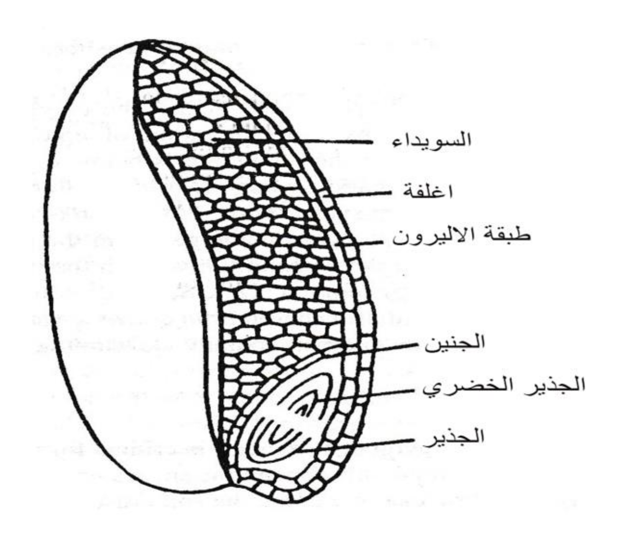
3-**Non – Photoblastic** :- هذه المجموعة تنبت سواء في الضوء اوالظلام .

ان بذور عدد من المحاصيل تنتمي الى Non – Photoblastic . النباتات الزهرية تقسم عموما الى مجموعتين :-

أ- نباتات احادية الفلقة Monocotyledons

ب-نباتات ثنائية الفلقة (فلقتين) Dicotyledons

نباتات الفلقة الواحدة تحوي على فلقة في بذرتها مثل الحبوبيات والدخن والجزء المهم في بذور احادية الفلقة هو الجنين والاندوسبيرم (السويداء) وطبقة الاليرون (الشكل 4 . 14) .



شكل 15.4.مقطع طولي لحبة الحنطة

الكاربوهيدرات تخزن في السويداء (الاندوسبيرم) بينما يحوي الجنين على جذور واجزاء خضرية دقيقة بمعنى اخر ان البذرة نباتا محميا باغلفة مع مخزن غذائي اساسي وهذا النبات له المقدرة على الاستفادة من ذلك الخزين لينمو ويتطور الى نبات ذاتي التغذية أي يعتمد على نفسه . في النباتات ذوات الفلقتين فان البذرة تحوي فلقتين والتي تقوم بتجهيز الجنين بالمواد الغذائية خلال عملية الانبات .

الفعاليات الكيموحيوية Biochemical Processes

الانبات يمكن ان يقسم الى مجاميع من الفعاليات الكيموحيوية والمظهرية (morphological) فعندما تزرع البذور في تربة رطبة فانها تمتص ماء مرتين بقدر وزنها وكنتيجة للانتفاخ وتشقق غلاف البذرة وبعد ذلك فان الجنين يفرز الجبرلين الذي يعمل على حث افراز انزيمات التحلل المائي بوساطة طبقة الاليرون في الحبوبيات .

انزيمات التحلل المائي تقوم بتكسير المواد الغذائية المعقدة مثل النشأ والبروتين محللة اياها الى سكريات بسيطة واحماض امينية بالتتابع . الدهون التي هي مكون رئيسي لفلقات البذور الحاوية على الزيوت وفي اجنة الحبوبيات ستنشق بوساطة انزيمات تدعى (lipages) الى احماض دهنية وكليسيرول وهذه تتعاقب عليها تغيرات كيميائية مكونة سكريات ان النواتج البسيطة والتي تكونت تكون ذائبة ويمكن ان تنتقل الى نقطة النمو (growing point) الى ان تصبح البادرة (نبات صغير) قادرة على الاعتماد على نفسها في صنع غذائها . ان الطاقة المطلوبة للفعاليات الحيوية والكيميائية للانبات والنمو يتم تجهيزها بوساطة عملية التنفس وان حوالي 25 الى 50 % من الغذاء المخزون يستعمل لعملية التنفس .

الفعاليات المظهرية Morphological Process

ان اول جزء يبزغ من البذرة هو الجذير (radicle) وهذا يحصل تقريبا في كل الحالات ويتبع الجذير حالا بالرويشة (plumule) وهو الجزء الخضري الفتي .

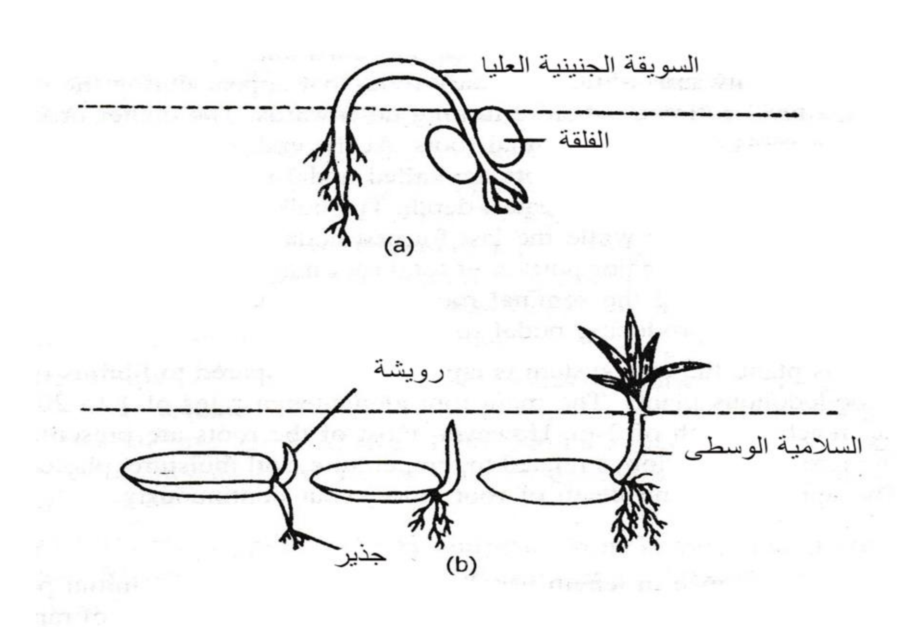
في بعض نباتات ذوات الفلقتين مثل فستق الحقل والفاصوليا واللوبيا ...... الخ فان الفلقات تبزغ من التربة وتعمل على انها الورقة الاولى وهذه الورقة تظهر فوق سطح التربة دون ضرر لوجود فلقات سميكة داخلها .

ان الفلقات تظهر الى خارج التربة بوساطة استطالة منحنية للسويقة الجنينية السفلى وهذا النوع من البزوغ والذي تبزغ فيه السويقة الجنينية العليا الى خارج التربة يطلق عليه بزوغ هوائي (epigeal emergemcy) وكما في (الشكل 4 . 15 أ) .

في نباتات ذوات الفلقة الواحدة فان الفلقة تبقى داخل سطح التربة ، وتنمو الرويشة او تندفع الى الاعلى بتاثير استطالة السويقة الجنينية العليا . ان هذا النوع من

الانبات يطلق عليه بزوغ ارضي (hypogal emergency) وهكذا فان الفلقة تبقى داخل التربة (الشكل 4 . 15 ب) .

احيانا تبدي بذور ذوات الفلقتين سلوك بزوغ ارضي عندما تزرع عميقا فعلى سبيل المثال فستق الحقل عندما يزرع عميقا فان الخزين من الفلقتين يتم استنفاذه لاستطالة السويقة الجنينية وان الاوراق الحقيقية هي فقط التي تظهر فوق سطح التربة . ان غمد البرعم الاولي (coleoptile) للحشائش تبزغ من التربة على شكل انبوبة شاحبه وهو تركيب يغلف الورقة الحقيقية الاولى . الجذور الاولية او الجنينية (seminal roots) تبزغ مستفيدة من الخزين الغذائي . ان متوسط عدد منشات الجذور في الجنين متغيرة عموما فهي من 4 – 6 في الحنطة و 9 في الشعير . ان عدد من الجذور الحقيقية يتطور بشكل واسع ويعتمد على مغذيات وماء التربة الجاهزين .



شكل 16.4 . (a) بزوغ هوائي (b) بزوغ ارضي

ان بزوغ المحاصيل هو حاله حرجة للوصول الى عدد نباتات جيد في وحدة المساحة . وبشكل عام فان اعاقة البزوغ تحصل لنتيجة :-

1- القشرة الصلبه للتربة .
2- وجود تركيز عالي من الاملاح .
3- تغدق التربة بالماء .
4- نقص الرطوبة .
5- المهاجمة من قبل الافات داخل التربة .
6- ضعف الاجنه .
7- عمق الزراعة الكبير.

النباتات ذات البذور الكبيرة ذات بزوغ الهوائي تستطيع التغلب على مشكلة قشرة التربة ، بعد البزوغ فان الفلقتين تصبح خضراء وتقوم بامداد البادرة باحتياجاتها الغذائية في نبات ذوات الفلقتين . وفي حالة ذوات الفلقة الواحدة مثل نبات الحنطة فان البادرة البازغة تبدا بالاعتماد على نفسها عندما تتوسع الورقة الثانية توسعا كاملا والورقة الثالثة تبدأ حالا بالظهور ، البادرة تكون قادرة لاخذ النايتروجين والفسفور والزنك واحتمال اغلب المغذيات الموجودة في التربة . ان الخزين الموجود في البذور غالبا مايكون عبارة عن كاربوهيدرات او لبيدات التي تكفي الى ان يصبح النبات قادرا بالاعتماد على نفسه (تغذية ذاتية) بينما المغذيات المعدنية الموجودة داخل البذرة لا تكفي للوصول الى هذه المرحلة لذا فان اضافة مبكرة للمغذيات عند الزرعة احيانا تكون ضرورية .

نمو الجذور Root Growth

في نباتات ذوات الفلقة الواحدة يستطيل الجذير مكونا جذر اولي . ان الجذر الاولي ينمو عادة بشكل عمودي الى الاسفل بينما الجذور الثانوية التي تظهر خلال مرحلة تطور البادرات تنمو بشكل افقي لسنتمترات عدة قبل ان تواصل نموها باتجاه الاسفل . وان الطبقات العليا تنتشر عشوائيا . وهذه الجذور تسمى الجذور الاولية او الجنينية (seminal roots) وفي نهاية طور البادرات فان جذور طرية تتطور من

العقد السفلية للساق . وتسمى هذه الجذور بالجذور العقدية او الجذور العرضية (adventitious root) . الجذور الاولية تخترق طبقات التربة لتمتد الى الاسفل ولاقصى عمق . كثافة الجذور العقدية ربما تنمو افقيا اولا ثم تمتد بشكل شاقولي الى الاسفل بينما ان الجذور العقدية اخيرا ربما تنمو الى الاعلى فضلا عن الجوانب والاسفل . الجذور العقدية هي التي تكون النسبة الرئيسية للكتلة الجذرية الكلية وتصبح مهمه لما تبقى من حياة النبات بينما الجذور الاولية تتفسخ تدريجيا والبادرات عندما تنقل بعملية الشتال فانها تتاسس بانتاجها لجذور عقدية .

في نباتات ذوات الفلقتين ذات النظام الجذري الوتدي (tap root) مقارنه بالجذور الليفية (fibrous roots) لاغلب نباتات ذوات الفلقة الواحدة ان الجزء الرئيسي يستطيل بمعدل 1 الى 20 ملم باليوم وبعدها ينخفض و ربما يصل الى 2 ملم . وعلى ايه حال فان اغلب الجذور تتواجد في الطبقة السطحية من التربة . ان استطالة الجذر ترتبط بدرجات الحرارة و رطوبة التربة والتركيب الضوئي وتجهيز المغذيات . ظهور وموت الشعيرات الجذرية عملية تحصل باستمرار طيلة حياة النبات .

الازهار Inflorescence

ان نمو النورات الزهرية طوليا يظهر طورين عادة :-

طور يتضمن فترة نشوء وهو ذو استطالة بطيئة يحصل خلال وقت تكون سنيبلات جديدة تتبعه فترة استطالة سريعة لسلاميات حامل السنبلة .

الظهور النهائي ليكون مرتبطا بزيادة انتاج الجبرلين وان السلاميات الثلاث العليا للساق ونمو النورات الزهرية تحصل في ان واحد وتتنافس على نواتج التركيب والمغذيات المعدنية وان كلا من السلاميات والنورة يحصلان على نواتج تركيب وبكميات متساوية . تساهم الاوراق العليا اكثر في عملية نمو السنبلة وغالبا مايكون نصف وزن السنبلة قبل الازهار هو من مساهمة ورقة العلم . الحاصل الاقصى يتحدد

خلال المراحل الاولى لتمايز النورات الزهرية من خلال عدد التفرعات التي تحمل نورات زهرية وعدد السنيبلات التي تشكلت في كل سنبلة ، ان تمايز السنيبلات يتوقف عندما يتمايز المتاع (stamen) في اغلب الزهيرات ، انخفاض درجة الحرارة يؤدي الى اطالة فترة نمو الازهار لكن طول النورة وعدد السنيبلات فيها يكون اكثر عند درجات الحرارة المثلى . ان التغذية المعدنية تؤثر في نمو النورات من خلال تاثيرها في المساحة الورقية وعدد التفرعات الفعالة لكن ليس تاثير مباشر على النورات . ان الاجهاد المائي في المراحل المبكرة من نمو النورات يؤدي الى تاخير تشكل السنيبلات لكن يمكن ان يحصل له اعادة الى وضعه الطبيعي بعد تخفيف الاجهاد.

ان طول مدة الاجهاد المائي في مراحل النمو المتاخرة لنمو النورات يقلل كلا من عدد وحجم السنيبلات . في داليات الحبوبيات فان الاجهاد المائي في مرحلة بزوغ الداليات يسبب موت السنيبلات وفي مرحلة انبات حبوب اللقاح يتاثر نمو انبوب اللقاح.

نمو البذور والثمار Seed and Fruit Growth

احد المشاكل الرئيسة التي تحدد انتاج محصول زهرة الشمس هي قلة العقد البذور وهناك علاقة بين عقد البذور واصل حبوب اللقاح سواء في التلقيح الذاتي او الخلطي . لقد وجد التلقيح الخلطي الذي يتضمن الرش بنترات الكالسيوم او حامض البوريك فانه يحسن وبشكل جوهري عقد البذور في المنطقة البعيدة عن مركز القرص مقارنة مع التلقيح الخلطي لوحده (بدون رش) او تلقيح خلطي متحدا مع تلقيح ذاتي ولا يوجد تاثير للرش على عقد البذور في وسط او المنطقة القريبة من مركز القرص . التلقيح الخلطي للمنطقة القريبة من مركز القرص فقط بحبوب لقاح طرية او عمرها 24 ساعة لم تحسن عقد البذور مقارنة بالتلقيح الخلطي لكل القرص ولا يوجد هناك ربط مباشر بين انبات حبوب اللقاح على المدقة وعقد البذور . على اية حال كل منطقة

من القرص تستجيب بكل مختلف للتلقيح الخلطي او الذاتي . ان اضافة نترات الكالسيوم للمدقة يحسن عقد البذور بنسبة 9% تقريبا مع التلقيح المفتوح لوحده .

نمو المبيض ربما يستمر ببطء الى الازهار ومن ثم يتحسن النمو بعد الاخصاب. ان عدم حصول الاخصاب يؤدي بالمبيض الى ان ينكمش ويتقلص وربما تسقط الازهار باستثناء الانواع العذرية . ان نمو البذور والثمار ربما يتطور بشكل متزامن او منفصل وفي حالات معينة يستمر نمو البذور لفترة طويلة حتى بعد توقف نمو الثمار ، فعلى سبيل المثال بذور فستق الحقل تنمو وبمعدل اسرع بعد توقف نمو الثمار .

واخيرا بعض مكونات الثمار يتم نقلها الى البذور ، فالكاربوهيدرات والنيتروجين يتم نقلهما من الكالح الى البذور في الذرة الصفراء .

هنالك اختلافات كبيرة بين احجام المبايض حسب المواقع المختلفة لها وسرعة تطورها والتي أي منها سيتطور وهذه ينتج عنها عدم انتظام احجام الثمار والبذور عند النضج .على اية حال فان معدل حجم البذرة لاي صنف معين والذي يكون ثابتا بمدى واسع من البيئات فانه يثير الانتباه . ان حجم البذور يكون اكثر تاثرا بالعوامل الوراثية منها الى البيئية عدا الاجهاد الرطوبي .

نواتج التركيب الضوئي يتم جهيزها البذور والثمار من الاوراق أي ان الثمار والبذور هي مصبات (sinks) والاوراق هي مصادر (sources) ومن الثمرة نفسها يتم اعادة النقل الى اجزائها الاخرى .

ان المساهمة النسبية لتلك المصادر تختلف اعتمادا على الانواع والبيئة . عموما في الحنطة والشعير فان المساهمة الى الحبوب تاتي من ورقة العلم وفي الحنطة والرز اغلب الاوراق الخضراء في فترة امتلاء الحبوب تساهم في امداد الحبوب من المخزون سابقا في السيقان الذي يشكل من 10 – 20 % من وزن الحبوب . خلال مرحلة

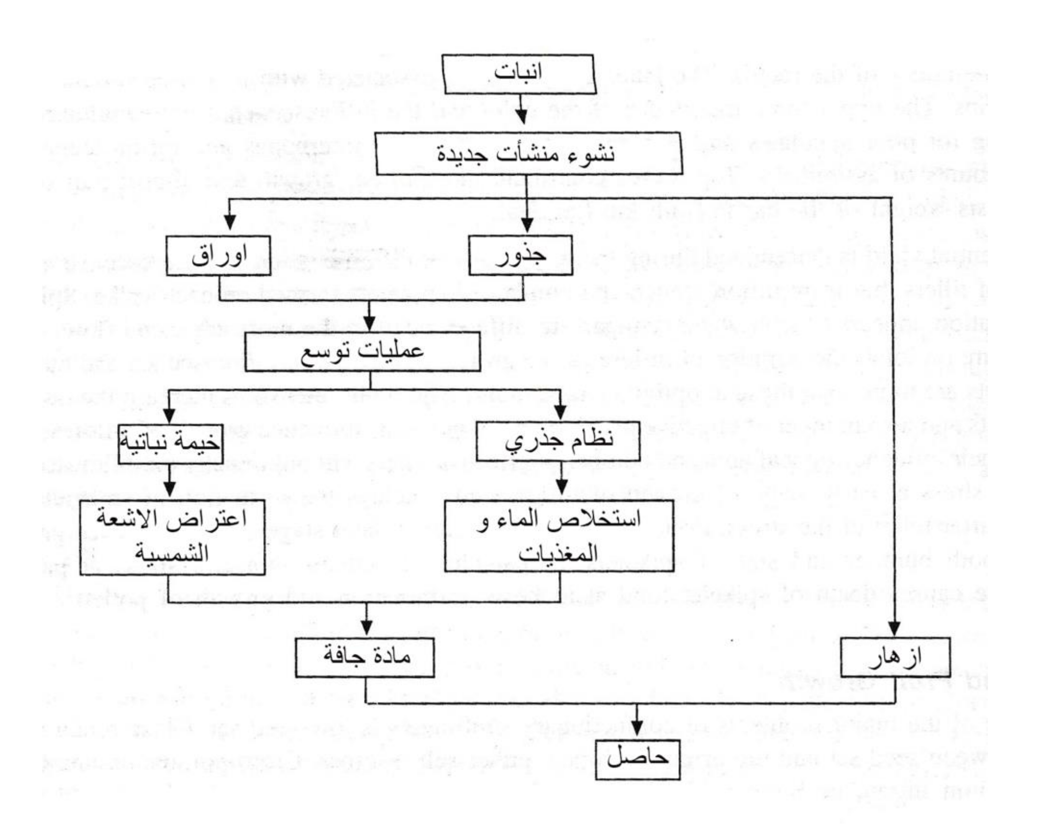
الاجهاد المائي وعندما يتاثر التركيب الضوئي فان مساهمة الساق ربما تزيد عن 20% من وزن الحبوب النهائي .

ان الامداد بالنيتروجين والفسفور والمغذيات المعدنية الاخرى الى الثمار وربما ياتي مباشرة من الجذور من التربة او من اعادة التصدير من الانسجة القديمة ان الكمية التي يتم امدصاصها من التربة تعتمد على كثافة نمو الجذور وعلى كمية العناصر الجاهزة في التربة .

وعموما فان اي نقص في نمو الجذور بعد الازهار فان المغذيات يتم الحصول عليها من الاوراق القديمة ، ورقة العلم والاوراق الموجودة مباشرة تحت السنبلة هي الاكثر اهمية في تجهيز الكاربوهيدرات الى الحبوب والاوراق القديمة مهمة في تجهيز النيتروجين .

ان نقص الماء خلال نمو الثمار يقلل من حجم الثمار مسببا نقص في الحاصل والذي تسبب من خلال التاثير في معدلات التركيب والاسراع في شيخوخة الاوراق واذا ما كان الاجهاد المائي لمدة قصيرة فان النقص ربما يعوض من خلال زيادة معدل سرعة النمو .

الحاصل الذي يحققه المحصول هو نتاج لتفاعل العوامل البيئية والفعاليات الفسيولوجية وعندما تكون المغذيات عاملا غير محدد . العوامل البيئية المهمة هي الاشعاع الشمسي والحرارة والماء . بعد الانبات تنشا المنشأت المنشأت الخضرية تتوسع مكونة خيمة نباتية ونظام جذري والخيمة ستقوم باعتراض الضوء واستخلاص الماء والمغذيات عن طريق الجذور ما ينتج عن ذلك مادة جافة كما في الشكل (4 – 16) . ان جزء من المادة الجافة تستعمل لتوسيع النظام الجذري والخيمة النباتية والباقي يخصص لتوسيع المنشأت التكاثرية (reproductive primordia)



شكل 18.4. عمليات النمو الرئيسة التي تحصل في نباتات المحصول

التطور Development

النمو هو زيادة غير عكسية في الكتلة اوالوزن بينما التطور يعني طور او مرحلة تغير اوتطور النبات عبر مراحل من الانبات الى النضج ويمكن ان يعبر عن بسلسلة من مدد يتميز بعضها عن البعض الاخر اي يمكن تحديد كل منها بوساطة سمات تغير في التركيب ترافق تلك المراحل . الحجم او الوزن لاعضاء نوعين من خلال فعاليات تطورية ترتبط بدرجات مختلفة من التوسع او النمو في وزن اي عضو ، فالبعض مثل نشوء الورقة يرتبط بتغيرات صغيرة جدا في الحجم او الوزن واخرى مثل التزهير في محصول الدخن والذي يعقب توسع الساق والداليات يمكن ان يتواصل او يستأنف بعد زيادة جديرة بالاعتبار في الحجم والوزن .

ان خصائص الفعاليات التطورية يمكن تمييزها ، فالبذور يمكن تمييزها سواء كانت نابته ام لم تنبت ومنشأت اوراقها مرئية او غير مرئية ؟ ولذلك فان بالامكان فقط تحديدها على اساس الوقت وليس على اساس الطول او المساحة او الحجم او الوزن لذا فان مدة الفعالية التطورية عادة ما تقاس بين احداث يمكن تحديدها بالنظر . مثلا المدة مابين الازهار والاخصاب و وصول الحبة الى الوزن النهائي او القرنة . سرعة التطور تكون ببساطة تبادلية لتلك المدة .

المراحل التطورية Development stages

ان عمر المحصول يعبر عنه بمراحل نمو المحصول ومصطلح مراحل النمو (growth stages) يعد مضللا كون ان مراحل التطور لا تشير الى زيادة في الوزن او الكتلة ويمكننا ان نطلق عليها المراحل التطورية (development stages) التي تشير الى العمر او التقدم باتجاه النضج . المرحلة تعزى الى احداث نوعية مظهرية بينما الطور (phase) يعزى الى الفترة الزمنية بين مرحلتين متميزتين (اي يمكن تمييز احدهما عن الاخرى) خلال حصول اي من الفعاليات . وضع الحدود او تحديد المراحل التطورية المختلفة للمحصول تساعد على الاتصال الجيد بين المزارعين والمرشدين والمشتغلين والعلماء .

التعبير عن عمر المحصول او المرحلة باستعمال التقويم (بالايام) او الوقت يعد مضللا وذلك لان مدة مراحل فسيولوجية معينة قد تغيرها الظروف المناخية ، فنشوء الداليات او السنابل في الحبوبيات وهي مرحلة مهمة لاضافة الاسمدة والري ربما تتقدم او تتاخر بوساطة المدة الضوئية ودرجات الحرارة . في الرز الحرارة المنخفضة تؤخر نشوء الداليات . المراحل التطورية تساعد في تحديد اوقات جدولة الري واضافة الاسمدة والمبيدات .... الخ ، فمراحل معينة من المحاصيل اذا ما تعرضت الى اجهاد مائي فانها تسبب نقصا شديدا في الحاصل لان هذه المراحل تكون اكثر حساسية للاجهاد المائي . على سبيل المثال الشد المائي في مرحلة نشوء الجذور

التاجية تقلل حاصل الحبوب في الحنطة ولايمكن تعويضه بتحسين ممارسات الخدمة اللاحقة .

اضافة الاسمدة يتم تجزئتها الى دفعات لتجنب عملية الفقدان بالغسل لكن كميات كافية يجب ان تضاف في اي وقت لمواجهة متطلبات المحصول في مرحلة نشوء الداليات والسنابل هناك طلب عالي على الاسمدة . جرعات كافية يجب ان تضاف في تلك المرحلة . وكذلك مثلا السيطرة على الادغال وتقليل التاثير الضار للمبيد على المحصول لذا يجب ان تضاف من المبيدات في مرحلة محددة ودقيقة من حياة المحصول . ان المراحل التطورية لاغلب المحاصيل هي :-

1- الانبات Germination
2- البزوغ Emergency
3- مرحلة البادرات Seedling stages
4- مرحلة النمو الخضري الاعلى Maximum vegetative growth
5- تمايز المنشأت Primordial differentiation
6- الازهار Flowering
7- نمو الثمار Fruit growth
8- نضج الثمار Fruit maturity
9- النضج الفسيولوجي Physiological maturity
10- نضج الحصاد Harvest maturity

الانبات والبزوغ Germination and Emergency

بعد زراعة المحصول تشرع البذور بامدصاص الرطوبة ويبدأ الجذير والرويشة بالظهور من خلال اغلفة البذرة تسمى هذه الظاهرة بالانبات

(germination) . يلحق الانبات نمو اذ تقوم الرويشة بالاندفاع خلال التربة لتخرج فوق سطح التربة وهذه الظاهرة تعرف بالبزوغ (emergency) .

نمو البادرات Seedling Growth

بعد البزوغ فان اوراق البادرات التي ظهرت فوق سطح التربة التي لا تزداد في الطول اذ يعتمد طولها على المخزون الغذائي في البذور والذي استنفذ في عملية الانبات والبزوغ وخلال هذه المرحلة يتاسس النبات عن طريق القيام بتطوير عدد من الجذور الثانوية والاوراق تنتهي هذه المرحلة عندما يبدأ النبات باظهار الفروع .

اعلى مرحلة نمو خضري

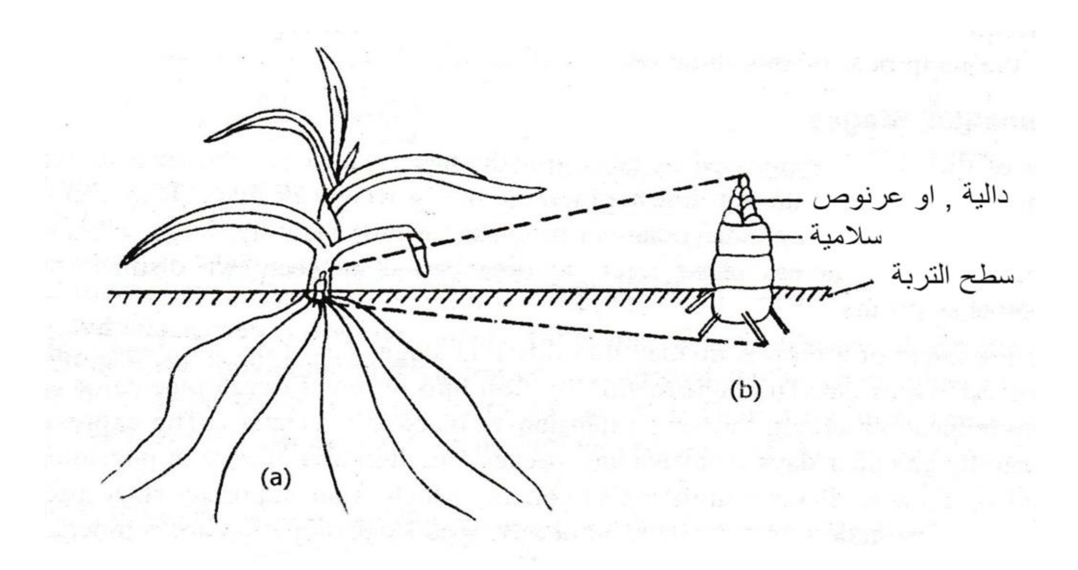
Maximum Vegetative Growth Stages

خلال هذه المرحلة فان نمو النبات يكون باعلى معدل . اذ يبدأ النبات بانتاج الفروع او الاغصان اذ يعمل النبات على تغطية التربة ليقوم باعتراض اكبر كمية من الاشعاع الساقط وان النباتات التي فقدت من الكثافة النباتية قبل هذه المرحلة يتم تعويضها بانتاج مزيدا من الفروع والاغصان وان عدد السنابل او الرؤوس او الداليات في وحدة المساحة يتم تحديدها في هذه المرحلة وهذه المرحلة تسمى بتسميات مختلفة كان تسمى مرحلة التفرعات او مرحلة التفريع النشط او مرحلة التغصن (تكوين الاغصان) .... الخ ذلك اعتمادا على المحصول .

تمايز المنشأت Primordial Differentiation

تسمى هذه المرحلة مرحلة نشوء الداليات او السنابل في الحبوبيات وخروج الثمار المربعة (sequaring) في القطن ونشوء البراعم الزهرية في محصول زهرة الشمس ...... الخ . ومع بداية هذه المرحلة فان النبات يدخل الطور التكاثري اذ يتحدد

عدد الثمار او الحبوب في هذه المرحلة وهذه المرحلة تكون حساسة اكثر لنقص الرطوبة والاشعاع في الحبوبيات خاصة (شكل 4 – 17) .



شكل17.4.مرحلة نشوء السنابل او الداليات او العرانيص .(a) مختفية في غمد الورقة (b) تظهر وتتوسع

مرحلة التزهير Fowering Stages

تسمى هذه المرحلة كذلك مرحلة التزهير 50% او مرحلة خروج المتوك (anthesis) او خروج النورات الزهرية (blooming) .... الخ ويمكن القول ان المحصول في مرحلة 50% تزهير عن\ما تكون 50% من النباتات قد اخرجت ازهارها اما تفتح الازهار ونثر حبوب اللقاح فتسمى (anthesis) ، blooming كذلك يشير الى تفتح الازهار وتعد هذه المرحلة اكثر مراحل التطور حساسية للاجهاد الرطوبي . عقد الثمار يكون من تطور الازهار الى ثمار وتعد هذه المرحلة من المرحلة المهمة جدا .

نمو الثمار Fruit Growth

خلال هذه المرحلة نواتج التركيب الضوئي تتجمع في الثمار ، نمو الثمار يسمى في محاصيل الحبوب نمو الحبة ونمو القرنة في فستق الحقل والبقوليات ونمو الجوز في القطن ....الخ .

نضج الثمار Fruit Maturing

خلال هذه المرحلة تحدث تفاعلات كيموحيوية في الثمار لبناء البروتين او الزيوت والنشويات من الكاربوهيدرات البسيطة وهذه النواتج المعقدة يتم بنائها في الثمار نفسها او تخلق في الاوراق ليتم نقلها الى الثمار .

النضج الفسيولوجي Physiological Maturity

حينما يكتمل نمو الثمرة ويتوقف نقل نواتج التركيب الضوئي الى الثمار فان هذه المرحلة تسمى مرحلة النضج الفسيولوجي وتتشكل طبقة فصل بين الثمار وحواملها . بعض المحاصيل يتم حصادها في هذه المرحلة .

نضج الحصاد Harvest Maturity

في النضج الفسيولوجي تكون نسبة الرطوبة عالية في الحبوب حوالي 20% فاكثر فضلا عن ان الحبوب لاتنضج فسيولوجيا في وقت واحد لذلك عمليا يجب ان يترك المحصول لمدة عشرة ايام فاكثر بعد النضج الفسيولوجي لتقليل نسبة الرطوبة وكذلك لاعطاء وقت للحبوب التي تشكلت في اوقات متاخرة لكي تتطور وتنضج . مراحل المحصول هذه ربما تختلف مسمياتها لتناسب خصوصيات كل محصول

مكونات النمو الفسيولوجي Physiological Growth Components

1- انتاج اعلى مادة جافة Maximum Dry Matter Prodution :- وتعني المتطلبات للحصول على حاصل عالي هو انتاج عالي من المادة الجافة الكلية في وحدة المساحة التي تعتمد على التركيب الضوئي الذي يعود بالاساس على كثرة كمية الصافي المتحقق في وحدة المساحة .

التجهيز الكافي بالاشعاع وثاني اوكسيد الكاربون والظروف البيئية الملائمة هي التي تحدد كمية انتاج المادة الجافة . ان بعض من ناتج عملية التركيب يستعمل في التنفس والذي هو ضروري للادامة والتطور لذلك فان الحاصل الكلي للمادة الجافة يكون عبارة عن كمية المادة الجافة المنتجة بعملية التركيب الضوئي ناقصا كمية المادة الجافة المستعملة في التنفس ، لذا فان كمية الحاصل الاقتصادي تعتمد على الكيفية والاسلوب الذي تنتج وتتوزع فيه المادة الجافة بين اجزاء النبات .

مساحة التركيب Assimilating Area

ان الاوراق هي العضو الرئيس في عملية التركيب الضوئي ومساحة الاوراق لوحدة مساحة سطح الارض تسمى دليل المساحة الورقية Leaf Area Index (LAI) . التغايرات في المساحة الكلية الورقية للنبات ربما يكون سببه التغايرات في عدد الاوراق وحجمها وان عدد الاوراق يعتمد على عدد نقاط النمو (growing point) ويعتمد على طول الوقت الي تنتج فيه الاوراق ، معدل وسرعة انتاج الاوراق خلال هذه المدة وطول مدة حياة الاوراق ، حجم الورقة يتحدد بعدد وحجم الخلايا التي تبنى منها الورقة وتتاثر بالضوء ونظام الرطوبة وجاهزية المغذيات في التربة .

دليل المساحة الورقية المثالية (Optimum LAI)

يزداد دليل المساحة الورقية ببطء في مراحل النمو المبكرة من حياة المحصول وبعد مرحلة البادرات يبدأ بالاسراع وازاء توسع دليل المساحة الورقية فان اعتراضا للضوء سيكون اكثر مما ينتج عنه انتاج اعلى للمادة الجافة . ان التظليل المتبادل للاوراق ربما يحصل وبما ان الاوراق المضللة تتنفس بقدر الاوراق غير المظللة فان مساهمة الاوراق المظللة ستكون اقل في المادة الجافة الكلية لذلك يكون دليل مساحة ورقية مثالية (optimum LAI) لانتاج اعلى مادة جافة والتي نصلها هي عندما يكون اكبر عدد من الاوراق يستلم ضوء شمس كاف للتركيب الضوئي لموازنة التنفس. تحت دليل المساحة الورقية الضوء لا يتم اعتراضه بالكامل وفوق دليل المساحة الورقية المثالية فان المساحة الورقية لاتستفيد بالكفاءة القصوى بسبب التظليل وفي دليل المساحة الورقية المثالية الاعلى من المثالية فان الاوراق السفلى تصبح متطفلة حتى في ظروف شدة الاضاءة الكاملة . دليل المساحة الورقية المثالية تختلف باختلاف المحصول والتوزيع الهندسي للاوراق على النبات . دليل المساحة الورقية المثالية يتراوح بين 3 – 4 للمحاصيل ذات الاوراق الافقية و من 6 – 9 للمحاصيل ذات الاوراق المتجهة الى الاعلى .

معامل الانطفاء Extinction Coefficient

ان نسبة الضوء الساقط المعترضة من قبل الخيمة النباتية للمحصول لا تعتمد على دليل المساحة الورقية LAI لوحده . بل تعتمد على الشكل الهندسي المعماري للخيمة النباتية ان ترتيب الاوراق على الساق وترتيب النباتات في الحقل هما الذي يعطيان الشكل المعماري للخيمة النباتية . ان معامل الانطفاء (K) هو مقياس لكفاءة المساحة الورقية في اعتراض الضوء .

العوامل المؤثرة في النمو والتطور

يتاثر النمو والتطور عادة بشكل رئيس بالاشعة الشمسية ودرجات الحرارة و رطوبة التربة وتهويتها والتغذية المعدنية اضافة الى عوامل اخرى تؤثر في نمو المحصول وفي مرحلة المختلفة .

الانبات Germination

يتاثر الانبات بالحرارة والرطوبة والضوء والتهوية والسكون للبذرة . بينما تؤثر الخصائص الفيزيائية للتربة وعمق الزراعة بالبزوغ .

أ-الحرارة Temperature :- يزداد الانبات بزيادة درجات الحرارة زيادة خطية بعد درجة 2 – 3 م الى ان نصل الى درجة الحرارة المثالية . ان انخفاض نسبة الانبات في ظروف الحرارة العالية وان اعلى درجة الحرارة والتي فوقها لا يحدث الانبات عادة ماتكون ضمن مدى 35 – 45 م^{0} .

ب- رطوبة التربة Soil moisture :- اغلب بذور المحاصيل تنبت جيدا في محتوى رطوبة السعة الحقلية للتربة الى حدود 50% من الماء الجاهز . ان تاثير التغير في جهد الحشوة للتربة يمكن ان يساهم في زيادة القوة الميكانيكية للتربة بدلا من الجاهزية للماء او التغير في المساحة التي يحصل فيها تلامس البذرة مع الماء وان قطر وحدات التربة يجب ان تكون اقل من خمس قطر البذرة .

جـ- عمق الزراعة Depth of sowing :- بعد زراعة البذور في التربة الرطبة فان التربة تبدأ بالجفاف تدريجيا اذا لم يضف لها ماء واذا ما زرعت البذور باعماق ضحلة داخل سطح التربة فربما لا تنبت واذا مازرعت البذور في اعماق كبيرة فان البادرات ربما لاتبزغ وذلك لان المخزون الغذائي في الفلقات ربما لايكون كافيا لاستطالة الرويشات وايصالها خارج سطح التربة اذ ينفد الغذاء والرويشة في طريقها باتجاه سطح التربة او حتى عندما تصل الى سطح التربة فقد تكون ضعيفة

ولا تستمر بالبقاء . تعد قشرة التربة الصلبة احد المحددات الرئيسة لبزوغ البادرات لبعض المحاصيل مثل الدخن والذرة البيضاء ذات البذور الصغيرة الحجم . محتوى التربة من الاوكسجين والضوء تعد كذلك من العوامل المؤثرة في الانبات والبزوغ لبعض انواع البذور ، فالانبات يتاثر على سبيل المثال نتيجة لنقص الاوكسجين عندما تسقط امطار غزيرة مباشرة بعد زراعة البذور في التربة التي هي رطبة اساسا ، نوع الضوء والسكون ذا اهمية لبعض بذور الادغال والمحاصيل العلفية فبعض البذور تحتاج الى معالجات كيميائية او ميكانيكية او فيزيائية لكسر طور السكون .

نمو البادرات Seedling Growth

المرحلة المبكرة للنمو الخضري يمكن ان نسميها مرحلة البادرات (seedling stage) . نمو البادرات يبدأ حال بدء حياة التغذية الذاتية للبادرات البازغة وتنتهي ببدء نشوء التفرعات او الاغصان وخلال طور البادرات او الطور الفتي للمحصول فانه لا توجد منافسة على الضوء والرطوبة والمغذيات بين تلك البادرات . الورقة والجذر هما الجزءان الناميين في هذه المرحلة .

خلال البزوغ فان نقطة النمو (growing point) ترتفع الى مستوى قريب من سطح الارض وذلك نتيجة لاستطالة السلامية فوق الفلقة . العقدتين اللاحقتين الثانية والثالثة المتعاقبتين باتجاه الاعلى يبقيان في حالة راحة وسميكتان ليكونان المنطقة التاجية للنبات ولاحقا ومن ذلك التاج فان كلا من الفروع والجذور العرضية ترتفع اثناء نمو البادرات . لذا فان البادرات تكون مدعومة ضد الرياح القوية . الجذور الجنينية التي تبزغ من البذرة تتجه الى الاسفل مخترقة التربة لتتفرع في الطبقات السفلى للتربة وهذه الجذور تعمل في دعم النبات الفتي في مراحله الاولى

الوقت الذي لم تعد فيه الجذور العرضية الدائمية موجودة واذا لم تنجح الجذور الجنينية (الاولية) بملامسة التربة الرطبة فربما يسبب ذلك موت البادرات . تتحدد الكثافة النباتية النهائية للنباتات في مرحلة الانبات والبزوغ وطور البادرات لذا تسمى هذه المرحلة مرحلة التاسيس (establishment stage) اذ ان تجاوز مرحلة التاسيس وبنجاح من قبل نباتات المحصول فان احتمالية حصول نقص في الكثافة النباتية (عدد النباتات في وحدة المساحة) في المرحل اللاحقة تكون قليلة جدا .

نمو الورقة Leaf Growth

في نباتات المحاصيل الحبوبية والحشائش الاخرى فان النهاية المستدقة للورقة (المنطقة الضيقة) تنضج مبكرا بينما المنطقة القاعدية لا تزال في حالة نمو ، نواتج التركيب الضوئي التي تنتج في النهاية المستدقة للورقة يتم الانتفاع منها في المنطقة القاعدية للورقة ذاتها وربما يصدر جزء من تلك النواتج الى اجزاء النبات الاخرى . هناك احداث متعاقبة يمكن مشاهدتها في اوراق نباتات ذوات الفلقتين اذ ان معدل سرعة انقسام الخلايا وتوسعها يكون اكثر في الاوراق المتشكلة حديثا لذا فان النمو النسبي يكون ذا سرعة اقل في المراحل المتأخرة من حياة المحصول .

الاشعاع الشمسي والحرارة والمغذيات المعدنية وحالة الماء في الخلايا النباتية تعد عوامل مهمة في تحديد حجم الورقة ، فمثلا حجم الورقة يمكن ان يصل الى حده الاعلى (potential) اذ يحدده الاشعاع الشمسي والحرارة لكن ذلك يعتمد تحقيقه على توفر المغذيات . توسع الاوراق يعتمد على توفر النيتروجين الجاهز للنبات اذ ان اضافة النيتروجين بكميات كافية ينتج عنها اوراق واسعة المساحة كما ان وزن وحجم الاوراق يزدادان بزيادة الضوء الا ان المساحة الورقية وتوسع الاوراق يكون طبيعيا اذا كان محتوى الماء النسبي عند حدود الاشباع (90 – 100 %) . واذا ما هبط محتوى الماء النسبي الى حدود 70 – 75 % فان توسع الاوراق يتوقف . ان محتوى

الماء النسبي ذا اهمية اكبر في الاوراق الفتية مقارنة بالاوراق القديمة ، فضلا عن ان عملية توسع الاوراق يتاثر بدرجة اكبر بالاجهاد المائي مقارنة بعملية انقسام الخلايا .

التغيرات التي تحصل على التركيب الطبيعي للاوراق خلال تطورها يرافقها كذلك تغيرات في التركيب الكيميائي والنشاط الفسيولوجي . النيتروجين والفسفور والكلوروفيل ومكونات الجدار الخلوي تستمر بالزيادة الى ان تبلغ مساحة الورقة حدها الاعلى . المحتوى الكلي من النيتروجين والفسفور ومركباتهما تنخفض تدريجيا مع تقدم عمر الورقة كذلك النشاط الانزيمي هو الاخر ينخفض بنفس المنوال ماعدا حامض الابسسيك وهذه التغيرات ستنعكس في تغيرات للفعاليات الفسيولوجية مثل التركيب الضوئي والتنفس . ان معدل التركيب الضوئي في وحدة المساحة يزداد الى ان يصل توسع الورقة اعلى ما يمكن وبعدها يبدأ بالنقصان . معدل التنفس هو الاعلى كذلك في الاوراق الفتية جدا والاوراق النامية ثم يتناقص بزيادة عمر الاوراق .

الاوراق الناشئة لنباتات ذوات الفلقتين تعتمد بصورة كلية على تجهيز الكاربوهيدرات في الاوراق القديمة الى ان تصبح تلك الاوراق كاملة الانبساط (غير ملفوفة) . اعلى كمية تصدرها تلك الاوراق من نواتج التركيب هي عند الوصول الى اعلى حجم ورقي وفي المراحل المبكرة للنمو فانه يبدو ان اغلب المغذيات يتم استلامها من قبل الاوراق القديمة وكما ان الاوراق الاخذه بالنمو فان النسبة الاعلى من المغذيات تحصل عليها مباشرة من الجذور اي ان اخذ المغذيات يرتبط بحالة النمو ، فالورقة غالبا ماتصبح مصدره لتلك المغذيات الكبرى عند وصولها الى اعلى توسع وبعدها يبدأ بالانخفاض في النشاط الفسيولوجي والذي بدون شك يترافق مع تلك الانخفاضات قلة اخذ المغذيات واخيرا يقود الى الشيخوخة . نصل ورقة الحنطة يستورد كل متطلباته من الكاربوهيدرات الى ان تبزغ الورقة بزوغا كاملا وحين وصولها الى مساحتها النهائية فانها تستورد $\frac{1}{4}$ مادتها الجافة الكلية التي مصدرها الاوراق الاسفل منها وان نصف الوزن الجاف لغمد الورقة ياتي من مصادر اخرى غير النصل المرتبط بذلك الغمد غالبا ماينتج كاربوهيدرات اكثر من تلك التي تستعمل حالا في النمو وهكذا

يحصل فائض من الكاربوهيدرات المنتجة يتم خزنه في انسجة النبات وينتفع منه عندما يصبح التجهيز بالكاربوهيدرات غير كاف لدعم متطلبات النمو والتنفس خاصة في المراحل المتاخرة للنمو اذ تحدث الشيخوخة ويفقد الكلوروفيل وتصاب البلاستيدات والمايتوكوندريا والشبكة الاندوبلازمية والاغشية الخلوية بالاضطراب ويحصل فقدان تدريجي للمحتوى المائي للورقة واخيرا تموت .

التشطئ والتفريع Tillering and Branching

تسمى عملية نمو وامتداد البراعم الواقعة على المحور الى نموات خضرية بالتفريع وان عملية ارتفاع الفروع من العقد القاعدية للساق او التاج تسمى التشطئ وخاصة في محاصيل الحبوب والحشائش وبدء فان الاشطاء تظهر بسرعة وعندما تبلغ عددها النهائي فان بعضا منها يموت . عدد الاشطاء والفروع المنتجة في النبات يعتمد على التركيب الوراثي وجاهزية الماء والمغذيات المعدنية والكثافة النباتية ونواتج التركيب الضوئي وفي وقت النشوء والنمو المبكر فان الاشطاء تعتمد على الاوراق القديمة في الحصول على نواتج التركيب الضوئي . على اي حال فان مع بزوغ اوراق تلك الاشطاء فانها تؤول الى الاعتماد عليها في الحصول على نواتج التركيب . ان موت الاشطاء يعود سببه الى عدم كفاية نواتج التركيب والمغذيات .... الخ الداعمة للبراعم الطرفية ومنشأت الاوراق واذا ما بقيت الاوراق الى مرحلة استحثاث المرستيم القمي ليزهر فان موت الشطئ لا يحصل وانها ستكمل المرحلة التكاثرية وامتلاء حبوبها . بشكل عام ان انتاج الاشطاء يتوقف حال بدء مرحلة نشوء الداليات واما موت الاشطاء فيستمر حتى بزوغ سنابل الساق الرئيسي . الاشطاء التي يتبع ظهورها الساق الرئيس عادة ماتكون اصغر حجما وحاصل حبوبها اقل . ان الاشطاء التي يتاخر تشكيلها ينتج عنها ازهار صغيرة وذلك لانها تستحث بعمر مبكر وتتطور نوراتها بسرعة لذا فان كل الاشطاء سوف تتجه نحو النضج في نفس الوقت وغالبا نمط النمو نفسه الذي يحصل في الاشطاء ربما يحصل مع الاغصان .

منتجوا المحاصيل يركزوا اهتمامهم حول الحاصل الاقتصادي

Crop Producers are Concerned about Economic Yield

الحاصل يمكن ان يقسم الى نوعين هما :-

1- **الحاصل الحيوي Biological Yield :-**هو الكمية الكلية من المادة الجافة المنتجة في النبات في وحدة المساحة وهذا المقياس ياخذ بنظر الاعتبار جميع اجزاء النبات (فوق وتحت سطح الارض) . الباحثون يستعملون هذا المقياس للحاصل في دراسات المحاصيل والفسلجة وتربية النبات وذلك لتحديد تراكم المادة الجافة .

2- **الحاصل الاقتصادي Economic Yield :-**يسمى كذلك الحاصل الزراعي (agriculture yield) ، الحاصل الاقتصادي يعبر عن الوزن الكلي في وحدة المساحة لجزء خاص من النبات له قيمة تسويقية او له استعمال اخر من قبل المنتج. الجزء الذي له قيمة خاصة لدى المنتج يختلف من محصول لاخر وربما يكون فوق سطح الارض مثل (الحبوبيات ، محاصيل العلف ، القطن ، فول الصويا ، زهرة الشمس .... الخ) . او تحت الارض (جذور ودرنات) مثل (فستق الحقل ، الشلغم ، البطاطا ، بنجر السكر) . المنتج هو الذي يحدد الجزء الذي له قيمة اقتصادية . ان الجزء ربما يستعمل كغذاء او علف او لاغراض صناعية ، فمنتجوا الذرة الصفراء للحبوب يهتمون بالحبوب اما منتجوا الذرة للغمير يهتمون بالنباتات الفتية والسيقان الطرية والاوراق .

كل الحاصل الاقتصادي هو حاصل حيوي لكنه ليس بالضرورة يكون كل الحاصل الحيوي حاصل اقتصادي ففي الذرة الصفراء كل الاجزاء فوق الارض (حبوب ، سيقان ، اوراق ، نورات ......) يمكن ان تستعمل لاغراض اقتصادية عدة مثل الغذاء او العلف ، اما الجزء عديم القيمة الاقتصادية فلا يحصد ومن جانب اخر المحاصيل الجذرية مثل بنجر السكر تحصد جذوره لاستخلاص السكر بينما اوراقه

تباع لمربي المواشي لاغراض العلف وهكذا في نهاية الامر فان كل النبات (الحاصل الحيوي) يكون كله ذات قيمة اقتصادية .

نواتج التركيب الضوئي يختلف توزيعها بين اجزاء النبات
Photosynthesis Products are Differentially Partitioned in the plant

يصف توزيع المادة الجافة استعمال الكاربون في النبات . ان تاثير توزيع صافي التركيب يظهر بوضوح التغيرات المظهرية للنبات مثل (تغيرات في الحجم ، الشكل ، عدد اعضاء النبات) خلال موسم النمو ، النبات ليس كالحيوان في نموه ، فالحيوان يحصل النمو خلال جسم الكائن كله اما النمو في النبات فانه يحصل في مناطق خاصة تسمى مرستيمات . هناك مواقع مختلفة لنقاط النمو تلك تسمى مرستيمات قمية (apical) او مرستيمات بينية (intercalary) او مرستيمات محورية (axillary) هذه المراكز لنشاط انقسام الخلايا تستمر بفعاليتها خلال اغلب المدة الزمنية من حياة النبات . حدوث المرونة التوزيعية في النبات هي بسبب وجود مختلف المراكز المرستيمية ومن المهم ان يكون تنافس تلك المراكز متناسقا وهكذا فان موارد النبات يجب ان يتم الانتفاع منها بدقة ، فبعض المراكز تكون بحاجة لتحث على النشاط بينما الاخرى تحتاج لتكون بطيئة في مدد معينة اثناء دورة نمو النبات . كيف يستطيع النبات توزيع مواد التركيب الضوئي ؟

توزيع مواد التركيب الضوئي يتم السيطرة عليها عن طريق مقدرة المرستيم على النمو هذه المقدرة تتاثر بعوامل ذاتية (داخلية) وعوامل خارجية (intrinsic and extrinsic) ولقد تم التوصل الى ان المواد الاساسية للنمو (الهورمونات) ، المواد المغذية الاساسية والعوامل البيئية هي المسؤولة بشكل خاص للسيطرة على عملية توزيع نواتج التركيب الضوئي . ان السيطرة بواسطة مواد النمو الاساسية (الهورمونات) تظهر بوضوح خاصة من خلال السيادة القمية (apical dominance) . المرستيم القمي ينتج الاوكسين ، هرمون النمو الذي يكبح

نشاط المرستيمات المحورية (الجانبية) التي تسمى (axillary meristem) مثال عليها الاغصان ، فعندما يزال المرستيم القمي فان تلك المرستيمات شتنشط على انها مصب (مستورد للموارد الاساسية) بينما الاخرى تكون مصدر (مصدر للمواد الاساسية) وعلى اية حال فان اي عضو ربما يكون مصدر لواحد من المواد الاساسية في احد المواقف وبعدها يكون مصب في وقت اخر ، فعلى سبيل المثال الاوراق تكون مصبات للمغذيات (مثل النترات) تمتصها من التربة بينما تعمل لاحقا كمصادر للاحماض الامينية .

هل يستطيع منتجوا المحاصيل ان يؤثروا بطريقة اعادة توزيع نواتج التركيب الضوئي ؟

تختلف التراكيب الوراثية في انماط توزيع المادة الجافة ، فعلى سبيل المثال البقوليات سواء كان الاصناف القائمة او المفترشة تختلف عن الاصناف العمودية او الزاحفة .في الحبوبيات الاصناف الطويلة تختلف عن القصيرة في اعادة توزيع المادة الجافة داخل النبات . مربوا النبات يسعوا جاهدين لتحسين اصناف ذات دليل حصاد عالي .

الهورمونات النباتية Plant Hormones

الهورمونات النباتية هي جزيئات عضوية تنتج بكميات صغيرة في جزء او اجزاء عدة من النبات ويتم نقلها بعد ذلك الى اجزاء اخرى تسمى المواقع الهدف (target sites) التي عندها تقوم بتنظيم نمو النبات وتطوره وبسبب هذا الدور الفسيولوجي فان الهورمونات يطلق عليها منظمات النمو النباتية (plant growth regulators) وبالمفهوم الواسع فهي تتضمنها وغالبا ما تترافق مع كيميائيات تركيبية لها نفس التاثير وكما لو انها هورمونات . ان الطريقة التي يتم فيها تقسيم الهورمونات على اساس اصلها – طبيعتها او تركيبها . وهي لا تشبه الهورمونات الحيوانية التي لها خصوصية من حيث مواقع انتاجها والموقع الذي تستهدفه ، والهورمونات النباتية اكثر

عمومية من خلال صلتها بالمصدر وموقع الهدف . وهناك خمس مجاميع اساسية من الهورمونات النباتية الطبيعية وهي :-

اولا :- الاوكسينات Auxins

تنتج الاوكسينات في الانسجة المرستيمية مثل نهايات الجذور ونهايات المجموع الخضري والبراعم القمية والاوراق الفتية والازهار . وظيفتها الرئيسية تتضمن تنظيم انقسام الخلايا وتوسعها ، استطالة الساق ، وتوسع الاوراق وانفصالها ، تطور الثمار والتفريع وكمثال عليها هو الهورمون Indole – 3 – Acetic Acid (IAA) . الهورمونات التركيبية ذلك الاوكسين الذي يتضمن 2,4 Dichlorophenoxy aceticacid (2 , 4 D) والذي يستعمل كمبيد للادغال عريضة الاوراق ، -& naphthaleneacetic acid (NAA) و indol – 3 – butyric acid (IBA)
وهناك استعمالات اخرى للاوكسينات في مجالات البستنة هي :-

1- تستعمل كهورمونات للحث على التجدير (الجذور العرضية) في الاقلام والعقل
2- منع تساقط الثمار في اشجار الفاكهة قبيل الحصاد
3- زيادة التزهير وعقد الثمار في الطماطة
4- لخف الثمار لتقليل اعداد الثمار للحصول على ثمار ذات حجم كبير
5- لاغراض تسقيط الاوراق قبل الحصاد او الجني
6- منع تزريع المنتوجات تحت الخزن مثل البطاطا وكذلك عندما تضاف لجذوع اشجار معينة فان النموات القاعدية تكبح .

تركيز الاوكسين في النباتات يمكن التحكم به في النباتات البستنية عند زراعتها. بتراكيز عالية نسبيا في البراعم الطرفية قياسا باجزاء اخرى وهذا التواجد للتركيز العالي في هذه المواقع سيكبح نمو البراعم الجانبية والواقعة تحت البرعم الطرفي وعندما يزال البرعم الطرفي (على سبيل المثال بواسطة التقليم او التشذيب) فان البراعم الجانبية سوف تتحفز لتنمو وهذه تجعل النبات يتكامل في شكله وتعطيه منظرا جذابا .

ثانيا :- الجبرلين Gebberellins

ينتج الجبرلين في القمم الخضرية ويحدث في اجنة وفلقات البذور الناضجة فضلا عن الجذور ويحصل في البذور ، الازهار ، البذور النابتة وفي الازهار المتطورة وهذا القسم من الهورمونات يعمل على تحفيز انقسام الخلايا ، استطالة الساق، انبات البذور (كسر السكون) ، تطور الازهار والثمار ، حجم الثمار العذرية للمخصبات يزداد باضافة هذا الهورمون ومثال عليه حامض الجبرلين (GA_1) .

ثالثا :- السايتوكاينين Cytokinins

هذه الهورمونات تعمل على تحفيز انقسام الخلايا وتطور البراعم الجانبية وهي تحدث في الاعضاء الجنينية او المرستيمية ومثال على السايتوكاينين الطبيعي هو Isopentenyl adenine (IPA) والزياتين (zeatin) ، اما السايتوكاينين التركيبي فيتضمن الكاينتين kinetin (K) و Benzyl adenine (BA) . السايتوكاينينات تتداخل مع الاوكسينات لتؤثر في مختلف وظائف النبات . ان النسبة العالية من سايتوكاينين – اوكسين (تكون كمية الاوكسين واطئة خصوصا IAA) يؤدي الى تحفيز تطور البراعم الجانبية لانه يقلل من السيادة القمية وان الدور الاساسي للسايتوكاينين في فسلجة النبات هو تحفيزه لعملية انقسام الخلايا .

رابعا :- الاثيلين Ethelyne

هو غاز يتواجد في الانسجة الناضجة للثمار وعقد السيقان . يعمل الاثيلين على تحفيز نضج الثمار وتساقط الاوراق في النباتات البستنية ويستعمل الاثيلين للمساعدة على انضاج ثمار التفاح والموز وتغيير الوان بعض الثمار مثل الحمضيات من اللون الاخضر الى اللون الاصفر وثمار الطماطة من اللون الاخضر الى اللون الاحمر المتجانس وفي الجانب الاخر فان التفاح الناضج ينتج هذا الغاز بكميات كبيرة مما يقصر مدة خزن تلك الثمار . يستعمل الاثيفون تجاريا لهذا الغرض ويمكن عكس التاثير بازالة الغاز ومثال ذلك استعمال الفحم المنشط (charcoal) . الاثيلين في بيئة النمو ربما يحث على شيخوخة الازهار وتساقط الاوراق ، ازهار القرنفل تنغلق بينما

تنفتح براعم الروز قبل النضج بوجود الاثيلين . في الخيار واليقطين فان رش الاثيفون ربما يعمل على زيادة الازهار الانثوية (بشكل غير متناسب) وبذلك يزداد عقد الثمار

خامسا :- حامض الابسيسك Abscisic acid

هو هورمون طبيعي يعمل على تثبيط النمو ، تحفيز الثمار وتساقط الاوراق ، كسر طور السكون ويعمل على غلق ثغور النبات تحت ظروف الاجهاد المائي وله تاثير مضاد لفعل الجبرلين وهورمونات التحفيز الاخرى . على سبيل المثال فان حامض الابسيسك يحث على سكون البذور وربما يكون العكس عند اضافة الجبرلين . ان استعمال ABA على نطاق تجاري يعد محدودا بسبب الكلفة العالية للكيمائيات وندرة المواد الاساسية له .

الهورمونات النباتية يمكن ان تقسم على اساس تاثيرها في نمو النبات كمحفزات (stimulants) او معيقات (retardants) ، فالجبرلين والسايتوكاينين لها تاثير تحفيزي على النمو والتطور بينما ABA مثبط للنمو .

لقد عرف عن الجت انه ينتج مادة كحولية (alcohol triacontanol) تعمل على تحفيز النمو . من المثبطات التي تحصل طبيعيا حامض البنزويك (benzoic acid) ، والكومارين (comarin) وحامض السناميك (cinamic acid) . عدد من معيقات النمو التركيبية تستعمل في تنظيم نمو نباتات بستنية معينة وتاثيرها يكون من خلال ابطائها لانقسام الخلية والتوسع ولذلك بدلا من ان ينمو النبات طوليا مع سلامية طويلة فانه يصبح قصيرا (قزما) ، متراصا وممتلا وجماله اكثر سرورا ومن الامثلة على معيقات النمو التجارية تلك هي :-

أ-Daminozide :- يسوق تحت اسماء تجارية مثل Alar و B-nine والنباتات التي تتاثر به ورد البوري (petunia) ، (azalea) الداوودي (chrysanthemum) وبنت القنصل (poinsettia) .

ب-Chlormequat (CCC السايتوسيل) والذي يعيق ارتفاع النبات في الجيرانيوم و azalea (الاضاليا) ، Poinsettia (بنت القنصل) .

جـ Ancymidol (A – Rest) :- الذي يكون مؤثرا في تقليل ارتفاع النبات في الابصال مثل Easter (الاستر) (Eastr lilies) والتوليب (الزنبق tulips) فضلا عن الداوودي (chrysanthemum) و بنت القنصل (poinsettias) .

د-Pacloloutrazol (Bonzi) :- يستعمل لتقليل ارتفاع النبات في النباتات الزاحفة التي تتضمن زهرة الالام (impatiens) والبانسية (pansy) و و رد البوري (petunia) وحلق السبع (snapdragon)

ان النسبة من المحصول التي تشكل الحاصل الاقتصادي تكون مختلفة

The Proportion of the Crop that is of the Economic Important is Variable

يعرف دليل الحصاد (Harvest Index) على انه نسبة جزء المحصول المهمة اقتصاديا وفي المصادر المبكرة استعمل مصطلح عامل الكفاءة (Coefficient of effectiveness) وهذا ربما كان له استعمالا في النبات في مجال بحوث تربية النبات كدليل على الكفاءة التي تم فيها اعادة توزيع نواتج التركيب الضوئي الى اجزاء النبات لربطها في الحاصل الاقتصادي ويحسب دليل الحصاد كما ياتي :-

$$\textbf{دليل الحصاد} = \frac{\text{الحاصل الاقتصادي}}{\text{حاصل الكتلة الحيوية}}$$

ان قيمة دليل الحصاد نظريا تتراوح بين 0.0 الى 1.0 وان القيمة العالية لدليل الحصاد تعني ان النبات اكثر كفاءة في نقل صافي التركيب الى اجزاء النبات التي تستعمل اقتصاديا . يتاثر دليل الحصاد بعوامل عدة . في بعض الحالات فان الباحثين بعدم اهتمام وسهولة من غير قصد يستبعدون اجزاء نباتية معينة من عملية التقدير ، فعلى سبيل المثال فان صافي التركيب الموزع الى الجذور يكون من الصعب حصاده (عدا في حالة كون الجذور هي الجزء الاقتصادي) بعض النباتات تتظلل اوراقها

وعندما تصل هذه الاوراق مرحلة النضج فانها تسقط عادة لا يتم التقاطها وتضمينها في عملية قياس الحاصل الكلي (الكتلة الحيوية) لذا فان دليل الحصاد يجب ان يبالغ في قياسه وفي مدد عدة .

ان اجزاء اقتصادية او مكونات نباتات معينة التي تكون صغيرة جدا هي التي تمثل الحاصل الاقتصادي . هناك بعض نباتات المحاصيل تكون نباتاتها ذا فائدة ولكامل النبات وبالمفهوم الذي تكون فيه تقريبا كل اجزاء النبات ذات قيمة اقتصادية ، المنتج ربما يختار ليشدد على مكون واحد فقط في مشروع فيه مخاطرة لانتاج المحصول وفي هذه الحالة فان قيمة دليل الحصاد تكون صغيرة جدا . ومن الامثلة الدارجة هو قصب السكر فهو محصول متعدد الاغراض اما يزرع للحصول على السكر او ربما للحصول على شراب او القصبة . دليل الحصاد يكون على اساس محتوى السكر فقط والذي ربما يكون حوالي الى 0.25 وعندما يجمع السكر والشراب فان دليل الحصاد يكون حوالي 0.60 وعلى اية حال اذا كانت القيمة الاقتصادية على اساس القصبة الغضة التي توزع الى المشتري او معامل التصنيع فان دليل الحصاد ربما يكون اكثر من 0.90 .

ان المسار التطوري الذي يكون متبوعا بجزء نباتي او مكون كيميائي ذو قيمة اقتصادية فانه سيؤثر في دليل الحصاد . في الحبوبيات مثل الحنطة والذرة الصفراء فان الجزء الاقتصادي هو الحبة التي تمتلئ بنمط خطي (linear) الى ان تصل الى نقطة محددة وعندها يتوقف الملئ هكذا فان دليل الحصاد في هذه المحاصيل يعتمد على المدة النسبية الخضرية (relative duration of vegetative) والاطوار التكاثرية (reproductive phases) لدورة حياة النبات . في المحاصيل الجذرية او الدرنية مثل البنجر السكري والفجل والبطاطا والشلغم والجزر فان الجزء الاقتصادي يتبع المسار التطوري الطويل وفي مثل هذه المحاصيل فان دليل الحصاد يعتمد اكثر العوامل الوراثية والمحيطية .

نضج النبات يلعب دورا في دليل الحصاد ، فقيم دليل الحصاد تزداد مع النضج المبكر للمحصول كما في الرز . زيادة الكثافة النباتية في المحاصيل كما في الذرة الصفراء يقلل دليل الحصاد . الجفاف (الشد المائي) في بعض مراحل النمو وخصوبة التربة (اضافة النيتروجين) تؤدي احيانا الى تقليل دليل الحصاد .

ان النسبة الاقتصادية للمحصول ربما تتضاعف وراثيا

The Economic Proportion of A Crop may be Genetically Manipulated

دليل الحصاد في محاصيل معينة يمكن زيادته عن طريق برامج تربية النبات ، ففي الحنطة تمت زيادة دليل الحصاد من خلال زيادة توزيع مواد التركيب باتجاه الحبوب (تحسين عملية انتقال المادة الجافة لملئ مواقع الحبوب) بينما احتفظت الكتلة الحيوية عمليا دون تغيير . ان زيادة دليل الحصاد في الحبوبيات الصغيرة وانواع اخرى تم تحقيقه بتقصير ارتفاع الساق وذلك من خلال الانتخاب او استعمال جينات القصر مثل جينات (RHt) في تربية الحنطة ، ان اختزال ارتفاع النبات في الاصناف الحديثة هو المسؤول جزئيا عن زيادة دليل الحصاد في انواع معينة ، ان الاختزال في احجام اعضاء النبات يمكن تعويضه لاغراض الحاصل من خلال اضافة مدخلات الانتاج مثل الاسمدة ومثل هذه الممارسة تبدو وكانها تقلل حاجة النباتات لاعادة نقل نواتج التركيب المتراكمة المحجوزة في الاوراق الى الحبوب وهذا الاتجاه على اية حال ليس حصريا لكل الحالات .

ان استعمال الاصناف المبكرة في ازهارها التي يرافقها ممارسات حقلية جيدة مثل التسميد ومكافحة الافات والري ذلك يساعد النبات على تجميع نواتج التركيب في الحبوب بدلا من تجمعها وحجزها في الاوراق . الاصناف المبكرة التزهير في انواع معينة مثل الرز ربما تكون لتستفيد من هذه العملية لتحقيق دليل حصاد عالي .

المسار البايولوجي الى الحاصل الاقتصادي يكون متغير

The Biological Pathway to Economic Yield is Variable

ان أي جهد يبذل هو لمضاعفة حاصل المحصول ، لذلك فالباحثون يبذلون محاولات لبناء المسار الذي من خلاله تصبح السمات التكاثرية والتطورية والشكلية لنباتات المحصول القائم ذات مساهمة في الحاصل وهناك مسارات عدة للحاصل العالي (مكونات الحاصل) لحاصل الحبوب والتي يمكن التعبير عنها بالمعادلة الاتية :-

الحاصل في وحدة المساحة = عدد النباتات في وحدة المساحة × عدد السنابل / نبات × معدل عدد الحبوب في السنبلة × معدل وزن الحبة

وعندما ينتج نبات المحصول اشطاء فان المعادلة تصبح :-

الحاصل في وحدة المساحة = عدد النباتات في وحدة المساحة × معدل عدد الاشطاء التي تحمل السنابل في النبات الواحد × معدل عدد الحبوب في السنبلة × معدل وزن الحبة .

او مايسمى بكمية البذار (seed rate) وعدد البادرات البازغة الذي يعتمد على نسبة الانبات لتلك البذور وقدرة بادراتها على البزوغ لذا فان الحاصل يمكن التعبير عنه بما ياتي :-

الحاصل = عدد البذور في وحدة المساحة × عدد البادرات البازغة (نسبة البزوغ) × عدد النباتات التي اعطت سنابل × عدد السنابل / نبات × عدد الحبوب / سنبلة × وزن الحبة الواحدة

وهكذا فان عدد البذور المزروعة هي اساس الحاصل الذي سيتم الحصول عليه لاحقا بعد ان يتم ضبط جميع ممارسات خدمة التربة والمحصول .

يجب الانتباه الى ان معالم النباتات وسماته التي من خلالها يمكن وصف الحاصل تعتمد كلها على الطاقة المثبتة التي تتحقق عن عملية التركيب لضوئي . ان مربي النبات والمتخصصون في مجال المحاصيل الحقلية يتطلعون للتاثير في الحاصل من خلال مضاعفة المكونات وذلك من خلال التاثير الايجابي في عملية التركيب الضوئي .

كذلك يجب الانتباه الى ان تفسير الارتباط بين الحاصل ومكوناته يجب ان لا تقيم المكونات من خلال اهميتها النسبية ، فتتابع الظروف الموسمية المحيطة التي تؤثر في تطور النبات يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار فظروف النمو المحيطة يجب ان تكون مثالية في مراحل النمو والتطور المبكرة للمحصول مما يقود الى نشوء جيد للسمات والمظاهر التي لها علاقة بالتكاثر . فاذا ما تعرضت لظروف الجفاف مثلا فان عددا قليلا من القرنات ربما تكمل تطورها وتستطيع ملئ بذورها مما يقود الى قلة الارتباط بين الحاصل وعدد البذور لكل قرنة .

مكونات الحاصل تختلف من نوع لاخر في سياق القيم المثالية النسبية للمكونات الاخرى اضافة الى ان مكونات الحاصل يؤثر احدها بالاخر وبدرجات مختلفة فعلى سبيل المثال اذا ما ازداد عدد النباتات في وحدة المساحة (زيادة الكثافة النباتية) فان عدد القرنات للنبات يقل بدرجة كبيرة وعدد البذور بالقرنة ربما يتاثر بدرجة متوسطة بينما يبقى حجم الحبوب دون تغيير او يتاثر بدرجة طفيفة .

عملية التوازن بين مكونات الحاصل له ميزة تكيفية كبيرة للمحصول . ان مكونات الحاصل غير مستقرة بيئيا فالحاصل العالي ينتج عن احد المكونات ذو قيمة قصوى فضلا عن ان مكونات الحاصل تتحدد تباعا ولذلك فهي تميل الى ما يسمى تعويض الحاصل (yield compensation) . عند حصول نقص في المكون الاول فان تطور المكون الثاني الذي يليه ستكون له قيمة اعلى وان تاثير كل مكون في الحاصل يكون بمستوى معين . على العموم ان ظاهرة تعويض الحاصل لا تبدو مقنعة

بشكل تام فعلى سبيل المثال ربما تحصل بمدى واسع من الكثافة النباتية في انواع نباتية معينة . في البقوليات اختزال عدد القرنات لايمكن ان يعوضه زيادة عدد البذور بالقرنة و وزن البذرة .

صنف المحصول له قدرة توريث الحاصل الكامن

A crop Cultivar has Inherent Yield Potential

ما هي الحدود التي يصل ان ينتج عندها ناتج المحصول ؟ ان حاصل المحصول هو صفه معقدة (صفة كمية) ، فالصنف الذي يستطيع توريث المقدرة المثالية للاستجابة للظروف المعطاة له . هذه المقدرة توصف على انها الحاصل الكامن (yield potential) وعندما تبلغ حد الحاصل الكامن (الاعلى) فان محاولة لتحسين الحاصل او استجابة المحصول سوف تكون صعبة ما لم نقوم بزيادة مدخلات الانتاج وفي هذه النقطة فان الجهد الوراثي نحتاجه الى زيادة التضاعف الوراثي من خلال برامج التربية .

شكل النبات و وظيفته متغيرات مع الزمن

Plant Form and Function Change over Time

التطور (development) مصطلح يستعمل لوصف التغيرات المستمرة في شكل النبات وظيفته والتي هي استجابة للعوامل المحيطية . يتضمن التطور التنسيق والنمو والاستطالة لاجزاء خضرية وتكاثرية جديدة . ان الخلايا الجديدة الناتجة من انقسام الخلايا المرستيمية تتعرض للتغير والتخصص خلال التمايز وعمليات يطلق عليها التكوين التشكيلي (morohogenesis) . ان نشاطات المرستيمات المختلفة تنتج تغير في النبات فالمرستيمات الخضرية (shoot meristem) يتم دعمها بواسطة المرستيمات البينية من السلاميات ما ينتج عنه استطالة من النبات وكذلك

المرستيمات المحورية في محاور الاوراق تنتج الاغصان والفروع بينما المرستيمات الطرفية (رئيسيا من الكامبيوم) ينتج عنها زيادة في المحيط (محيط الجذع) من المعروف ان الثمار والبذور هما حاصلان اقتصاديان لاغلب نباتات المحاصيل ، فمنتجوا المحاصيل يهتمون بشكل خاص بالتطور التكاثري . النباتات الزهرية لها طورين من اطوار التطور – الخضري والتكاثري وفي مرحلة معينة من التطور فان مرستيمات الجزء الخضري تتحول من الطور الخضري الى الطور التكاثري . البيئة تعمل على حث ذلك التحول . يعتمد حاصل المحصول الى حد أي من ذلك التحول يحصل وهكذا فان المحصول يمر باوقات حرجة ليكمل طوره التكاثري خلال موسم النمو دون ان يتعرض الى اجهاد .

الحاصل العالي يجب ان يكون هناك توازن جيد بين الطورين الخضري والتكاثري ، فاطالة مدة النمو الخضري تؤدي الى اختزال مدة النمو التكاثري وعلى اية حال فانه نحتاج طورا خضريا جيدا لدعم تطورا تكاثريا جيدا .

النبات له اطوار تطورية محددة

Plant have Distinct development Phases

لقد ميز المشتغلون في مجال علم النبات مراحل تطورية محددة او المراحل الهيئوية (phenostages) في مسار التطور النباتي ، ففي الحبوبيات فان تلك المراحل ربما تكون الانبات (germination) ، البادرات (seedling) ، نمو البادرات (seedling growth) ، التفريع (tillering) ، استطالة الساق (stem elongation) ، البطان (booting) وبزوغ السنابل (inflorescence emergency) ، التزهير (anthesis) الحبوب الحليبية (milky grain) ، الحبوب العجينية (doughy grain) والنضج (ripe) . اغلب تلك السمات الشكلية يمكن تمييزها بالنظر فقط واخرى مثل نشوء الازهار (flower initiation) تحتاج

الـى تشـريح ومجهر فحص لتلك الانسـجة . ان معدل التقدم مـع حدوث اطـوار هيئويـة (phenophases) يسمى معدل التطـور (developmental rate) . علـم الهيئويـة (phenology) هو لدراسة التقدم في تطور المحصول بعلاقته بالعوامل المحيطة .

ومن الجدير بالانتباه ان النباتات المفردة في المحصـول القـائم تختلـف فـي معدل تطورهـا ويعـود سبب ذلـك الـى اختلاف توزيـع المناخـات الموضـعية وبعـض العوامـل الوراثية ، فالظروف المحيطة بكل نبات ربما تختلف بشكل او بـاخر عن ظـروف نبـات اخر بنفس الحقل ويعـود ذلـك الـى موقـع النبـات فـي الحقـل وتغـايرات التربـة واحاطتـه بنباتات اخرى ... الخ .

اصـناف المحاصـيل المنزرعـة ذات القاعـدة الوراثيـة الضـيقة (مثـل السـلالات النقيـة) تعطينـا فرصـة للحصـول علـى تـزامن مناسـب لتطـور النباتـات المنزرعـة فـي الحقـل لتمكـين المنـتج مـن ان يقـوم بممارسـات خدمـة المحصـول وفـق مراحـل تطـور المحصـول مثـل التسـميد ، مكافحـة الافـات ، الـري ...... الـخ واختيـار الوقـت المناسـب لاجرائها .

طبيعيـا النمـو الخضـري يتوقـف حـال تحـول المرسـتيمات الخضـرية مـن النمـو الخضري الى تركيب تكاثري . في محاصيل معينة التزهير يحصل فـي مدة محددة تقـع ضمن ايام قليلة وهذه تسمى محاصـيل محـدودة (determinate crops) مثـال عليهـا الحبوبيـات وفـي محاصـيل اخـرى يتـداخل النمـو الخضـري والنمـو التكـاثري ، فالمرسـتيمات تسـتمر فـي نموهـا لتعطـي اوراق جديـدة بينمـا يسـتمر التزهيـر بالتقـدم مـن المرستيمات المحورية وهذه المحاصيل تسمى محاصيل غير محدودة (interminate crops) ومثال عليها البقوليات ، القطن ...... الخ .

المفاتيح التطورية تسيطر على التغيرات بين الاطوار التطورية
Developmental Switches Control the Changes between Development Phases

ما الذي يجعل النبات ينقلب من طور الى اخر ؟

هناك مجموعة جوهرية من مقلابات (switches) التطور من بدء نشوء الاوراق (خضري) الى الازهار (تكاثري) التي تحددها العوامل المحيطة . بعض المحاصيل اختيارية في استجابتها الحرارية او طول النهار في تزهيرها فهي لا تتحفز بظروف معينة وانما يحث الازهار بدونها اما النباتات الاجبارية تلك التي لا تزهر عندما تكون درجة الحرارة وطول النهار فوق او تحت قيمة الحد الحرج وهناك مقلابان تطوريان هما :-

التاقت الضوئي photopereiodosm والارتباع vernalization

التاقت الضوئي photopereiodosm هو استجابة تشكيلية (photomorphogenic response) للضوء في النبات لطول النهار .

النباتات المتعادلة النهار تكون غير حساسة لطول النهار لذا فان التزهير في هكذا نباتات يتم السيطرة عليه بدرجات الحرارة . نباتات النهار الطويل تستجيب عندما يطول النهار عن حد حرج معين ونباتات قصيرة النهار ، تستجيب عندما يقصر النهار عن حد حرج معين . ان هذه الظاهرة وصفت لاول مرة في نباتات فول الصويا ، ففي فول الصويا هناك عشرة مجاميع هيئوية (0 ، 00 ، I ، II ، III ، IV ، V ، VI ، VII ، VIII) يستعمل لتحديد منطقة التكيف للاصناف في امريكا الشمالية ، فالاصناف قصيرة النهار (0 ، 00 ، I) تنمو في الاقاليم الشمالية بينما الاصناف طويلة النهار (IV ، V ، VII ، VIII) تنمو في الاقاليم الجنوبية .

الارتباع Vernalization

هو استجابة للحث بالحرارة تتطلبها بعض المحاصيل الشتوية لكي تزهر ، ففي المحاصيل تلك فان انبات البذور ونشوء الازهار وتوقف البراعم تستحث بتعريضها لدرجات حرارة بين صفر مئوي و 10 م^0 (32 الى 50 ف^0) لمدة من الزمن وهناك تداخل بين طول النهار والارتباع في بعض المحاصيل ناتجة عن اختلافات واسعة من الاستجابات النباتية المتوسطة .

الفصل الخامس

الارض والتربة

LAND AND SOIL

التراب هو ما تزيله من الارضية اما التربة (soil) فهي الوسط الذي يتم فيه زراعة ونمو وانتاج المحاصيل الحقلية . تعد المغذيات والماء والهواء العوامل المفتاحية التي نحتاج اليها لنمو وتطور النبات التي يتم تجهيزها من خلال التربة . التربة كذلك تمنح الدعم الفيزيائي للنبات كما وتقدم خدمة كمركز لتدوير المغذيات والمتبقيات العضوية . التربة كأي مورد طبيعي يمكن ان يصيبه التدهور والضعف فضلا عن استنفاد وتدهور المغذيات من خلال العوامل الطبيعية ونشاطات الانسان . هناك ترب معينة تكون مناسبة لانتاج المحاصيل مقارنة بترب اخرى وهكذا فان أي ضعف يحصل للتربة يمكن تصحيحه او ادارته من خلال ممارسات انتاج المحاصيل .

اغلب الترب يمكن استغلالها لانتاج محاصيل عدة . تنتفع النباتات من مغذيات معينة اكثر من اخرى وطبقا لذلك فان مغذيات التربة لا تستنفد بلا اسباب . هناك دورات طبيعية لمغذيات معينة لاعادتها الى التربة . الا ان تلك الفعاليات غالبا ما تكون بطيئة . ان الانتاج الحديث للمحاصيل الحقلية يدفع منتجي تلك المحاصيل في الغالب لكي يقوموا بتجهيز وتكملة مغذيات التربة عن طريق الاضافة الاصطناعية للاسمدة اللاعضوية . التربة يجب ان تكون وتبقى مناسبة بشكل جيد لانتاج المحاصيل ومع عمر الانسان.

ان هدف ادارة خصوبة التربة هو لاستدامة قابليتها في تجهيز المغذيات الضرورية للمحصول ولانجاز ذلك فاننا نحتاج الى فهم كيف ؟

1- تصبح مغذيات التربة مستنفدة .

2- نحدد نقص المغذي .

3- نصحح نقوصات المغذيات .

ان ادارة خصوبة التربة في ادارة المحاصيل يجب تطبيقها كجزء من استراتيجية. ادارة التربة التي تتضمن ادارة خصائص التربة الفيزيائية من خلال الحراثة والبزل والسيطرة على التعرية وغيرها ولمعرفة كل ما تقدم فإننا نحتاج الى معلومات عن اصل التربة وكيفية نشوئها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية والاحيائية لأنها المفتاح الاساس في ادارتها ومن نواحي عدة .

تكون التربة Soil Formation

كيف تكونت التربة ؟ عملية تكون التربة عملية بطيئة ولاجل كل الاستعمالات التطبيقية فان التربة مورد لا يمكن تجديده لذلك من الضروري ادارتها بدقة لانه من الصعب اصلاح التربة المتضررة .

التربة هي صخور مجواة ، عملية التجوية التي من خلالها تتكون التربة هي عملية بطيئة وتتم بفعاليات متتابعة تتضمن عوامل فيزيائية وكيميائية واحيائية وتشتمل كذلك على عمليات تحول الصخور ومعادنها التي ينتج عنها تفتيت وتحلل وعمليات تحوير . تعد التربة نظام ديناميكي يتغير وفق تأثيرات العوامل المحيطة بها وكذلك بوساطة النباتات والاحياء الاخرى التي تعيش فيها .

التربة هي صخور مجواة Soil is Weathered Rock

نقطة البداية لتكون التربة هي المادة الام . اذ ان المادة الصخرية التي تكون عرضة لفعل التجوية وهذه المادة يمكن ان تقسم الى نوعين على اساس الاصل .

بعض المادة الام تتكون في المكان وتسمى تربة قارة او تربة مستقرة في موضع تكونها (sedentary) ، بينما البعض تنقل (transported) بعوامل عدة

وتترسب في اماكن معينة اخرى . التربة التي تتكون من المادة الام التي يتم نقلها بوساطة الجليد يطلق عليها جليدية (glacial) بينما التربة التي تكونت من المادة الام وتم نقلها بوساطة الرياح تسمى ريحية (loess) .

تتكون المواد الام من الصخور الام (وهذه تتالف من معادن اولية مثل الاوكايت (augite) والفلدسبار (feldspar) والهورنبليند (hornblend) والمايكا (mica) والاولفين (olivine) والكوارتز (quartz) التي تتكون من ثلاثة طرز رئيسية هي بركانية (igneous) ورسوبية (sedimentary) وتحولية (metamorphic) .

1- **الصخور البركانية** :- مثل الكرانيت (granite) متماسكة وقوية و تتكون من معادن الكوارتز والفلدسبار .
2- **الصخور الرسوبية** :- وهي غير متماسكة وتتكون من قطع صخرية نقلت بوساطة عوامل عدة وحسب عمليات الترسيب للمواد فان نواتج مختلفة تشكل اللايم (الجير lime) والحصى (stone) والحصى الرملي (sandstone) وطين صفائحي او ما يسمى بالطفل الصفائحي (shale) .
3- **الصخور التحولية** :- تنتج بعدما يتعرض النوعان السابقان (البركانية والرسوبية) الى حرارة شديدة وضغط مما ينتج عنه صخور تحولية (metamorphic rock) التي تتضمن صخر صفائحي او ما يسمى الاردواز (slate) والصخر الصواني (gnesis) والرخام او ما يسمى بالمرمر (marble) وصخر بركاني صفائحي او ما يسمى بالشست(schist)

ان عملية التجوية ربما تكون فيزيائية او كيميائية وتعرف التجوية (weathering) على انها العملية التي من خلالها تتكسر المواد الام الى اجزاء دقائق ناعمة التي تشكل التربة فيما بعد . وتفعل عوامل التجوية فعلها على المواد الام وهذه العوامل ربما تكون فيزيائية او كيميائية .

التجوية الفيزيائية Physical Weathering

تحدث التجوية الفيزيائية اوليا خلال عملية تفتيت المواد الصخرية وتحصل بعدة طرائق . تتالف الصخور من مختلف المواد الكيميائية ذات المديات المختلفة من التمدد والتقلص وتحت التذبذب الحراري فان الصخور تتشقق وتتقشر (peel off) وذلك لتمدد المكونات الكيميائية وبرودتها وبمعدلات مختلفة . ان الشقوق الموجودة في الصخور ستعمل على جمع الماء ونتيجة لتعرض ذلك الماء للانجماد فان حجمه سيكبر وسيعمل على توسيع الشقوق وان حركة الثلوج تتضمن عمليات تصدع وجرف الصخور كلما تحرك الثلج فوق سطح الارض . كما ان حركة الماء هي الاخرى تحمل صخورا من خلال مروره في الشقوق وعمليات الاحتكاك التي تحصل نتيجة لتيارات الماء . تعمل احيانا جذور النباتات النامية في شقوق الصخور على توسع تلك الشقوق كلما توسعت الجذور .

التجوية الكيمائية Chemical Weathering

تحدث التجوية الكيمائية بوساطة واحد من عدد من الفعاليات الكيمائية المتميزة وتلك التفاعلات تزيد من سرعة تفتيت المعادن .

1- الكربنة Carbonation :- يذوب CO_2 في الماء مكونا حامض الكاربونيك (H_2CO_3) وهو حامض ضعيف الذي يتفاعل بعدها مع الكاربونات ومعادن اخرى في المادة الصخرية لتصبح من السهل ازاحتها من الصخور الام مثل بيكاربونات الكالسيوم وهذا التفاعل يسمى الكربنة Carbonation .

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

2- التميؤ Hydration : تستلزم عملية التميؤ اضافة جزيئات الماء الى المواد لتكوين نواتج متميئة التي تكون سهلة الكسر مثل :-

$CaSO_4 + 2H_2O \longrightarrow CaSO_4.2H_2O$ (الجبس او (كبريتات الكالسيوم المائية

3- التحلل المائي Hydrolysis :- التحلل المائي هو تفاعل يتضمن الماء الذي يعمل على تكون ايونات في المواد الام تكون اكثر جاهزية من خلال تكون مزيدا من النواتج الذائبة مثل هيدروكسيد البوتاسيوم

$$KAISiO_8 \longrightarrow HAISi_3O_8 + KOH$$

$$2HAlSi_3O_8 + H_2O \longrightarrow Al_2O_3.H_2O + 6H_2SiO_3$$

4- الاكسدة Oxidation :- المعادن في الصخور ربما تتفاعل مع الاوكسجين (اكسدة) لانتاج مواد اقل ثباتية . هذه تحصل خاصة عندما تكون المعادن حاوية على الحديد . الاوكسيدات تتكون والتي يمكن رؤيتها اذ تكون ذات لون شوندري مصفر (الصدأ)

$$4FeO + O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3$$

5- الاختزال Reduction :- تحت ظروف قلة الاوكسجين فان تفاعلات الاكسدة ربما تحصل بالاتجاه المعاكس لانتاج نواتج تكون اقل اكسدة .

6- الانحلال Solution :- بعض معادن الصخور تذوب بسرعة في الماء مما يؤدي الى ضعف في ترابط مواد الصخور ومشجعة عمليات التفتت .

عوامل عدة مسؤولة عن عمليات تكون التربة

Several Factors are Responsible for Soil Formation

ان تطور التربة يحدث بمعدلات تعتمد على العوامل الاتية :-

1- المادة الام .

2- الوقت .

3- المناخ .

4- العوامل الاحيائية .

5- التضاريس .

المادة الام Parent Material

ماهي انواع المواد التي يمكن تحويلها الى تربة ؟ ان اغلب الترب تكونت من المواد غير المتماسكة التي نتجت بواسطة فعاليات قوى التعرية (الرياح و الماء والهواء) او الرواسب التي تعود بالاصل الى الثلوج . ان الرواسب تلك تختلف في احجام دقائقها فضلا عن تركيبها الكيميائي لذا فان المادة الام سوف تلعب دورا مهما في تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المتكونة والتي سوف تعتمد الى حد كبير على تجوية المواد . اذ ان التجوية الخفيفة للمادة الام لها دورا اكثر اهمية من التجوية الشديدة في هذا الاعتبار . المواد الام تختلف في معدلات تجويتها . الكوارتز تبدو الاكثر مقاومة من بينها .

المناخ Climate

يؤثر المناخ في سرعة تكون التربة ونوع التربة التي تتكون في النهاية . دور المناخ يكون اما مباشر او غير مباشر .

1- **الدور المباشر :-** ماهي الفروق العامة بين تلك الترب المتكونة تحت ظروف الامطار الغزيرة وتلك المتكونة تحت ظروف الجفاف ؟

تهيئ الامطار الغزيرة والحرارة ظروفا تشجع التجوية السريعة والغسل العالي (فقدان المغذيات الى الاسفل من خلال مقد التربة) وعمليات اكسدة عالية . التربة المتكونة تكون حمراء او صفراء اللون و توصف على انها مادة تربة مؤكسدة . اما الترب التي تتكون تحت ظروف الجفاف في المقابل معرضة لتراكم الاملاح مثل الكالسيوم والمغنسيوم (لايوجد غسل) لذا فان مثل تلك الترب تكون عالية الاملاح وتحتاج الى عمليات غسل (ازالة التملح) لتكون صالحة لزراعة المحاصيل .

2- **الدور غير المباشر :-** يعود التاثير غير المباشر للمناخ في نوع الكساء الخضري الذي يحدده ذلك المناخ فمثلا المناخات شبه الجافة تعطي شجيرات وحشائش بينما

المناخات الغزيرة الامطار تشجع الاشجار والغابات . الكائنات الحية والمادة العضوية تؤثر في تكوين التربة .

الكائنات الحية Biota

هل ان الترب التي تتكون تحت الكساء الخضري للغابات ذات مادة عضوية اكثر من تلك التي تتكون تحت الحشائش ؟

الكائنات الحية (المحيط الاحيائي) تؤثر في تكوين التربة . يحدد الكساء الخضري نوع وكمية المادة العضوية في التربة ، فالحشائش تختلف عن الصنوبريات في نوع المادة العضوية التي تنتجها . الترب التي تتطور تحت اراضي الحشائش ذات مادة عضوية كثيرة وان مزيدا من المادة العضوية في مناطق الغابات تتكون تحت سطح الارض وتتحلل ببطئ فهي لا تختلط بالتربة وليس كما هو الحال في المادة العضوية للحشائش فضلا عن ان الترب تحت الغابات تتعرض لغسل شديد مما يقود الى الاستنفاد الافقي للمادة العضوية ومعادن الطين التي تتجمع في الافق السفلي للترب المتكونة وتحت الظروف التي يتم فيها خلط التربة بوساطة الكائنات الحية مثل الحفارات وديدان الارض والارضة اذ تقوم بعمليات خلط كثيرة للتربة ضمن المقد ما يسبب تطور قليل للمقد لكنه يكون ذو عمق اكبر .

الاحياء المجهرية للتربة كذلك لها فائدة في تكون التربة ذلك لانها تقوم بتحليل المواد العضوية مسببة زيادة الحموضة وهذا ما يساعد في اذابة المعادن .

الطوبوغرافية (التضاريس) Topography

تحدد الطوبوغرافية سرعة تعرية التربة وبالتالي عمق التربة المتكونة من خلال تاثيرها على الماء والحرارة . التعرية تحصل اكثر في الانحدارات الشديدة . الحركة السريعة للتربة لا تمنحها الوقت الكافي للتطور . مقد التربة على المنحدرات العملاقة

يكون اعمق ما يمنح الكساء الخضري مساحة اكبر كما ان مقد التربة تحت مثل هكذا ظروف لا يتشكل بشكل جيد . تؤثر الطوبوغرافية في عمليات بزل التربة وكمية الرطوبة الجاهزة لعمليات التجوية . في المناطق المنخفضة فان البزل ربما يصبح مشكلة لذا فهو يسبب ظروفا لا هوائية التي قد تحصل وبذلك تكون عمليات تحلل المادة العضوية بطيئة ما يقود الى تراكمها مسببة تكون ترب ذات مادة عضوية مثل الخث والدبال (muck , peat) .

الوقت Time

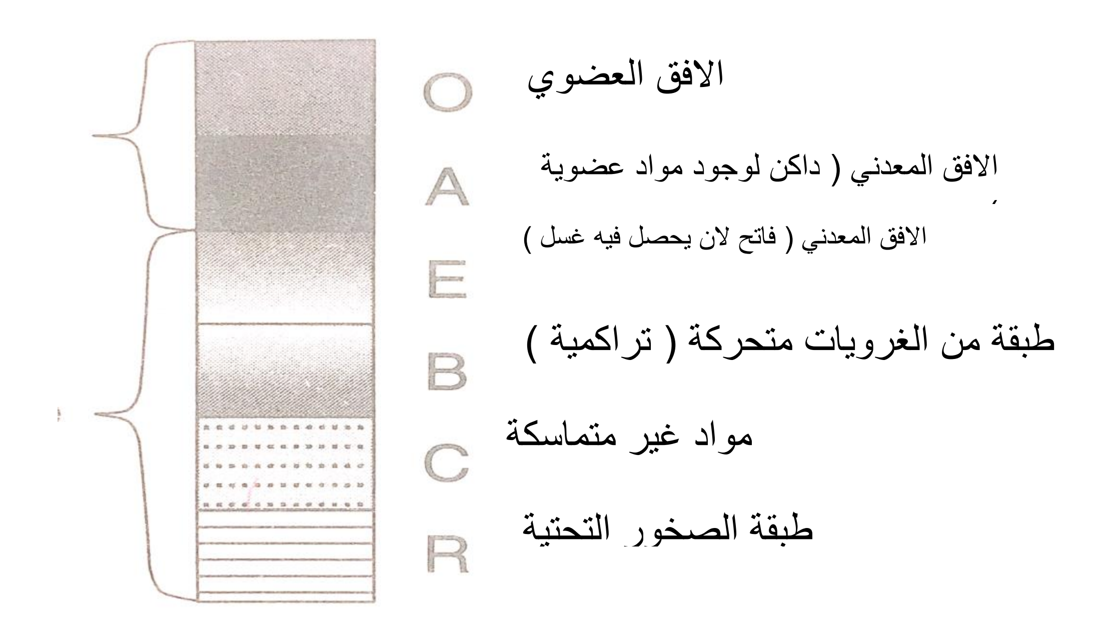
عمليات تكوين الترب مستمرة . تختلف المواد الصخرية في سرعة تحللها ، فصخر اللايم يتحلل بسرعة بينما الكرانيت يقاوم جدا التحلل . تعتمد عملية تطور المقد على الوقت . الترب القديمة ذات مقدات محددة لانها تعرضت الى عوامل التجوية وهذه تعطي الفرصة للتحلل والتحويرات للمكونات الكيميائية . تعتمد سرعة تطور التربة على تاثيرات الوقت وعلى عوامل تكون التربة . الترب القديمة بالتاكيد افضل من الترب الحديثة لانتاج المحاصيل .

انتاج المحاصيل يحصل اساسا في الترب العلوية

Crop Production Occurs Primarily in the Topsoil

يظهر المقطع العمودي للتربة توزيعا عموديا يسمى مقد التربة (soil profile) ويوصف مقد التربة بينما اذا كانت اصيلة (origin) او متوالدة (genesis) اعتمادا على عمر التربة والظروف التي تحتها تكونت التربة والمادة الام ومن بين عوامل اخرى فان مقد التربة سوف يظهر طبقات قابلة للتحديد تسمى افاق التربة (soil horizons) (شكل 1.5) وهناك ستة افاق خصصت لها حروف استهلالية كبيرة وهي O , A , E , B , C , R . الافق R عبارة عن مزيج من صخور صلبة .

احيانا تضاف احرف صغيرة لتحديد الافق فعلى سبيل المثال الافق Bt يشير الى ان الطبقة عبارة عن ترسبات طينية واحيانا هناك افاق انتقالية يشار لها بحرفين مثل AE ولغرض انتاج المحاصيل فان المقد المبسط والنموذجي يكون ذو ثلاثة افاق . في الترب الزراعية فان افق O غالبا مايكون غير موجود بسبب عمليات الحراثة والتي تعمل على خلطه مع افق A .



شكل1.5. مقد التربة هناك ست افاق واضحة في مقد التربة النموذجية وهناك تحت تقسيمات للافاق وطبقات وسطية بين الطبقات ولغرض انتاج المحاصيل فان المقد يكون مبسطا ونموذجيا وذا ثلاث طبقات طبقة فوقية وطبقة تحتها وطبقة سفلية من الصخور الام . اغلب جذور المحاصيل تتواجد في الطبقة القمية للتربة .

1- الافق A (A horizon) :- يطلق عليه التربة القمية (topsoil) ويتضمن اغلب الطبقات العلوية للتربة وفيه اغلب المادة العضوية وهو اكثر الطبقات تعرضا للغسل في المقد . لذا في اغلب الاحيان يشار اليه على انه منطقة الغسل (zone of leaching) اي منطقة تحرك (zone of elluviation) وهي

جزء من التربة التي تحرث لانتاج المحاصيل وهل هذا يعني اننا لا نعير اهتماما بالطبقات السفلية ؟

2- الافق B (**B horizon**) **:-** مواد تغسل من الافق A لتتراكم في الافق B ويسمى منطقة التراكم (zone of accumulation) اي منطقة ارتشاح طمى او ترسب طيني وهذا يحوي الاملاح المغسولة ومعادن الطين . التربة في هذه الطبقة تكون اقل تجوية ، جذور النباتات المتعمقة ربما تصل الى هذه الطبقة .

3- الافق **C** (**C horizon**) **:-** هذه الطبقة تتضمن المعادن غير المتماسكة وهنا يكون مقدا قليل التطور او غير متطور والطبقة التحتية من مواد الصخور المتماسكة تسمى مقد R (horizon R)

مقد التربة يمكن تحويله من خلال النشاطات الحقلية الزراعية . لقد اشير سابقا الى ان الحراثة تعمل على خلط المقد O مع المقد A لتكوين مايسمى بطبقة المحراث (plow layer) فضلا عن ان استعمال مكائن الحراثة الثقيلة يمكن ان تؤدي الى رص الطبقات لتسمى الطبقات المرصوصة او الصلبة (hard pans) وهذه الطبقات تكون غير منفذة ولاتسمح باختراق الجذور كما انها تعيق عملية البزل .

استعمال التربة للانتاج الزراعي يعتمد على خصائصها

The Use of Soil For Agriculture Production Depends on its Properties

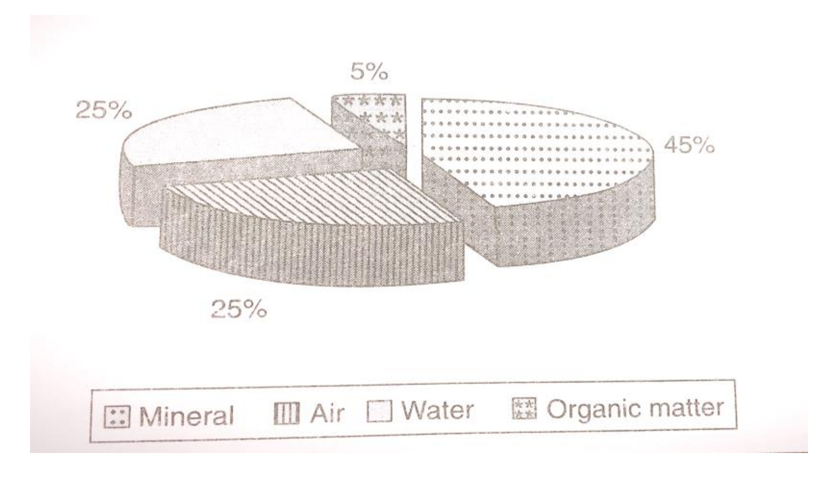
يتاثر نمو المحصول بالمحيط الهوائي والتربة . البيئة المناسبة مهمة جدا لعملية انبات البذور والنمو والتطور والحاصل النهائي للمحصول ، فالمحيط الهوائي تكون فيه الامكانية لعمل تحويرات اقل غير ان من خلال ضبط الكثافة النباتية والسيطرة على الادغال يمكن تقليل المنافسة على الضوء اما المحيط الترابي فهو قابل للتحوير والتبدل والتغير بنسبة او باخرى وذلك من خلال عمليات الحراثة واضافة الاسمدة الكيميائية

والعضوية والري اذ يجري العمل على تقليل المقاومة الميكانيكية للتربة وتجهيز كميات كافية من المغذيات والماء .

يمكن دراسة محيط التربة تحت محيطات فيزيائية وكيميائية واحيائية ، فمحيط التربة الفيزيائي المناسب لنمو النباتات هو عبارة عن تربة عميقة لا تحوي طبقات صلبة لها القابلية على مسك الماء ولها القابلية على حفظ اكبر كمية من الماء الجاهز وذات تهوية جيدة واقل قوة ومقاومة ميكانيكية . اما المحيط الكيميائي المناسب فهو عبارة عن جاهزية عاليه للمغذيات المناسبة للنمو . اما المحيط الهوائي فهو ما تحويه التربة من احياء دقيقة مفيدة لذا فان فهم جيد لخصائص التربة يعد ضروريا لادارتها بهذا الانتاج الوفير .

ما هو مفتاح خصائص التربة الفيزيائية الذي يؤثر في انتاج المحاصيل والى اي حد يمكن لمنتج المحاصيل ان يقوم بتحوير تلك الخصائص للانتاجية العالية ؟

تحوي بعض الترب مواد معدنية بشكل رئيس (مثل الترب الرملية في الصحراء) بينما ترب اخرى تسود فيها المواد العضوية (مثل ترب الخث) لذا فان التربة الجيدة لانتاج المحاصيل هي الترب التي تحوي نسب متوازنة جيدا من المكونات الاساسية . كالمواد المعدنية والعضوية والهواء والماء (شكل 2.5) .



شكل 2.5.الترب المعدنية المثالية تتضمن هواء وماء ومواد معدنية ومواد عضوية ونسب هذه المكونات تتغير من تربة الى اخرى

المحيط الفيزيائي للتربة Physical Environment

المحيط الفيزيائي للتربة يسيطر عليه بوساطة خصائص التربة مثل النسجة Texture والتركيب Structure والتهوية Aeration والماء Water والمقاومة الميكانيكية Mechanical resistance وعمق التربة Depth of Soil .

نسجة التربة Soil Texture

تشير نسجة التربة الى التوزيع النسبي للرمل والغرين والطين وعموما فان قطع الصخور التي يكون قطرها اكبر من 2 سم فهي صخر Stones والمواد ذات قطر بين 2 سم و 2 ملم فهي حصى Gravels ومواد التربة المعدنية التي يكون قطرها اقل من 2 ملم تسمى التربة الناعمة (جدول 5 - 1) . الرمل ، الغرين ، الطين التي تشكل سوية الارض الناعمة

جدول 5. 1 . تصنيف دقائق التربة (النظام العالمي)

الدقيق	القطر (ملم)
صخر	> 20
حصى	2 – 20
ارض ناعمة	< 2
رمل خشن	0.2 – 2
رمل ناعم	0.2 – 0.02
غرين	0.02 – 0.002
طين	< 0.002

تسمى هذه الدقائق (الرمل و الغرين و الطين) مفصولات التربة Soil Separates والترب الزراعية النموذجية تحوي مزيج من كل هذه الدقائق الثلاث وتسمى مزيجية (loam) .

الرمل Sand :- دقائق الرمل ذات القطر من 0.2 الى 2 ملم تصنف على انها رمل خشن التي يكون قطرها بين 0.2 الى 0.02 تصنف على انها رمل ناعم . ودقائق الرمل هي قطع صغيرة من صخور غير مجواة واذا لم تغطى تلك الوحدات بالطين او الغرين فانه لا تبدي خصائص معينة مثل اللدائنية والتماسك واللزوجة وحجز الرطوبة والمغذيات وغيرها . وبسبب الحجم الكبير لدقائق الرمل فان مسامات كبيرة تتكون بين تلك الدقائق مما تسهل الحركة الحرة للهواء والماء .

الغرين Silt :- حجم الدقائق التي يتراوح قطرها من 0.02 الى 0.002 ملم وبسبب التصاق طبقة من الطين على اسطحها فانها تبدي لدائنية ، تلاصق وتماسك وامدصاص وحدات الغرين هذه يمكنها مسك كمية من الماء اكبر مما تمسكه دقائق الرمل الا انها اقل من الطين وان كلا من دقائق الرمل والغرين تكون ذات اشكال مغزلية او مكعبة .

الطين Clay :- يعد جزء الطين المكون الاكثر اهمية في التربة اذ يهيمن على اغلب الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة . دقائق الطين هي تلك الدقائق ذات القطر الذي يقل عن 0.002 ملم وتمتلك دقائق الطين اعلى مساحة سطحية حتى ان مساحتها السطحية ترتبط عكسيا بحجمها . لذا فهي تستطيع ان تمتدص وتحجز ماء ومغذيات . بعض الاطيان تنفتح عند الترطيب وتنكمش بالجفاف لذا فهي تبدي خصائص مثل تلبد الدقائق المترسبة Flocculation (التجمع والتحشد) والتناثر واللدائنية . يسلك الطين كحامض ضعيف الذي يتم معادلته بوساطة المواد القاعدية مثل ايونات الكالسيوم والمغنسيوم لذا فهو يقوم بهيئة بيت الخزن لمغذيات عدة .

اقسام النسجة Textural Classes

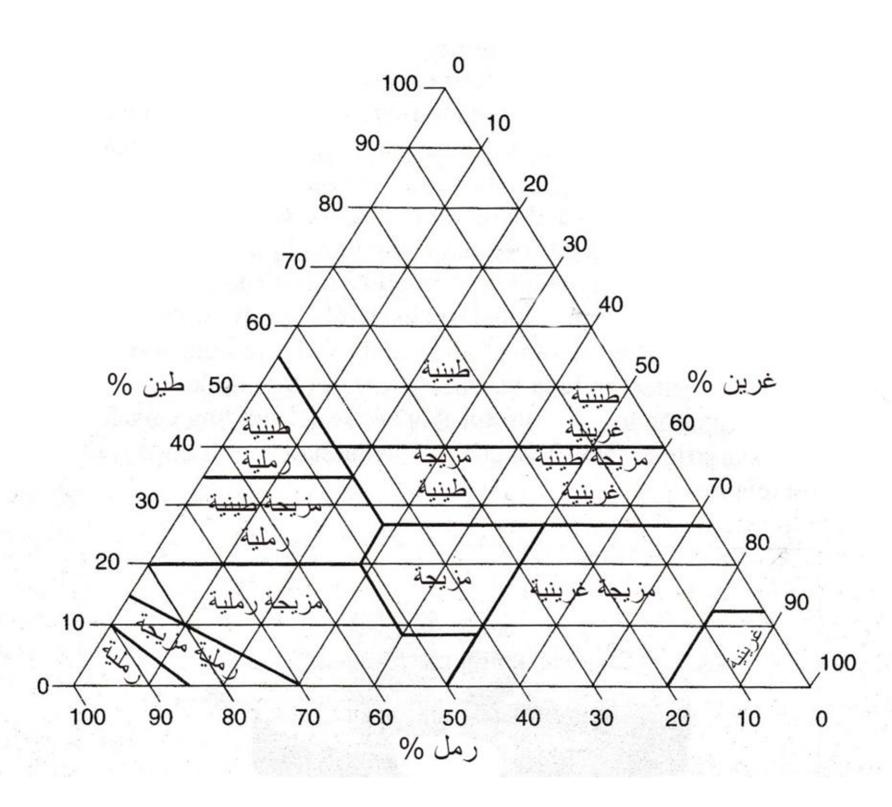
تقسم نسجة التربة على اساس نسبه الدقائق السائدة من كل من الرمل والغرين والطين فاذا احتوت التربة اكثر من 80% من الغرين فان التربة تصنف على انها غرينية Silty Soil والتربة ذات نسبة اكثر من 85% رمل تسمى ترب رملية

والتربة ذات نسبة 40% طين تسمى تربة طينية Clay Soil واذا Sandy Soil ماتكونت التربة من دقائق بنسبة من الاجزاء الثلاثة (الرمل والغرين والطين) فان التربة تسمى تربة مزيجة Loamy Soil . تربة طينية غرينية Silty Clay Soil تعني تلك التربة من الغرين ذات خصائص تربة طينية سائدة وهي التي تحوي على كمية كافية من الغرين . ان مديات نسب الرمل والغرين والطين لكل قسم من اقسام النسجات يبينها الجدول 5 - 2 .

جدول 5 . 2. اقسام نسجات الترب

النسجة	مدى النسبة المئوية من كل من		
	الرمل	الغرين	الطين
رمل	100 - 85	15 - 0	10 – 0
رملية مزيجية	90 – 70	30 – 0	15 – 0
مزيجية رملية	80 – 43	50 – 0	20 – 0
مزيجية	52 – 23	50 – 28	27 – 7
مزيجية غرينية	50 – 0	88 – 50	27 – 0
غرينية	20 - 0	100 – 88	12 – 0
مزيجية طينية رملية	80 – 45	28 – 0	55 – 20
طينية مزيجية	45 – 20	53 – 15	40 – 27
غرينية طينية مزيجية	20 – 0	73 – 40	40 – 27
رملية طينية	65 – 40	20 – 0	45 – 35
طينية غرينية	20 – 0	60 – 40	60 – 40
طينية	40 – 0	40 – 0	60 – 40

ان نسجة التربة يمكن تحديدها باستعمال مثلث النسجة (شكل 3.5) . ولتكن مثلا نسبة الرمل والغرين والطين 60 و 30 و 10 بالتتابع وفي قاعدة المثلث فان 60 توضع في القاعدة ثم نتحرك من نقطة 60 في قاعدة المثلث قطريا باتجاه اليسار بخط مرتفع من تلك النقطة . بعدها توضع 30% على خط الغرين ونتحرك باتجاه الاسفل باتجاه السهم وعندما يتقاطع الخطان مع بعضهما اضافة الى خط نسبة 10% طين فان موقع معرفة النسجة وفي هذا المثال فان التربة تكون ذات نسجه مزيجة رملية.



شكل 3.5.مثلث النسجة للترب المختلفة

اهمية نسجة التربة Significance of Soil Texture

تعد نسجة التربة سمة دائمة للتربة وتتغير عبر السنين بدرجة قليلة جدا او لا تتغير . يمكن تغيير نسجة التربة باضافة الرمل او الغرين او الطين كمصلحات لتحسين الظروف الفيزيائية للتربة . تضاف كميات من الغرين الى التربة الرملية لتحسين سعتها

على مسك الماء وحجز المغذيات . يضاف الرمل الى الترب الطينية الثقيلة لتحسين حركة الماء والبزل الداخلي لكن هذه المعالجات تعد مكلفة جدا . اضافة قشور الرز بمقدار 4.5 طن / هكتار يقلل الكثافة الظاهرية للتربة ويزيد مساميتها الكلية ويقلل مقاومتها للنفاذ ويتحسن التوصيل المائي المشبع . لقد وجد ان حاصل الحبوب وارتفاع النبات في الذرة الصفراء ازداد معنويا من خلال تحسين الصفات الفيزيائية للتربة .

ان اضافة كميات صغيرة من NPK (40 الى 100 كغم) على مدى مدة طويلة تساهم في التنقلات الاحيائية للافاق المناسبة للزراعة وتتكون كميات كبيرة من مسامات احيائية المنشأ وتجمعات تحسن نفاذية الماء والبزل يسبب ازالة المركبات العضوية – المعدنية من الافاق العليا . الجرعات المثالية من NPK لتشجيع تكوين تجمعات احيائية هي N_{120} , P_{120} , K_{120} كغم / هكتار . نسجة التربة تؤثر في الخصائص الكيميائية والفيزيائية مثل مقدرة التربة على مسك الماء وحجز المغذيات و تثبيت المغذيات وجاهزية المغذيات والبزل والقابلية على الانضغاط والنظام الحراري، تمتاز التربة الرملية بخاصية تباعد الدقائق لذا فانها جيدة البزل وتشجع حركة الهواء والماء وهي عادة ماتكون غير متماسكة وهشة وتكون سهلة الحراثة ، الترب الطينية ذات قابلية عالية على مسك الماء وامتصاصه وحجز المغذيات والرطوبة وعادة ماتكون ذا مسامات دقيقة وتكون متوسطة الى رديئة البزل والتهوية وتكون صعبة الحراثة . تبدي الترب المزيجية خصائص وسطا بين الترب الرملية والطينية لذا تعد الترب الافضل للزراعة لانها تستطيع حجز ماء ومغذيات اكثر من الترب الرملية وذات بزل جيد وتهوية وخصائص حراثة افضل من الترب الطينية .

التربة التي تناسب محصول معين يعتمد ذلك على نسجتها فضلا عن عمقها وعمق الماء الارضي والملوحة والقلوية ، لذا فان محصول معين يمكن ان يزرع في نوع معين من الترب ولا يزرع في ترب اخرى . تختلف الترب التي تناسب المحاصيل المختلفة ، فالقطن و الرز و الذرة البيضاء تنمو في الترب الثقيلة النسجة التي تشمل

الترب الطينية المزيجية او الغرينية الطينية او المزيجية اوالغرينية الطينية والطينية فهي تناسب اغلب المحاصيل . اما الترب المتوسطة النسجة مثل المزيجية و المزيجية الغرينية والغرينية والرملية المزيجية والرملية الطينية ترب خفيفة النسجة فهذه تلائم فستق الحقل والبطاطا والتبغ والدخن اللؤلؤي ومحاصيل العلف الاخضر البقولية وهكذا تتوزع المحاصيل على الترب التي تختلف في نسجاتها .

تركيب التربة Soil Structure

الدقائق الاولية للتربة (الرمل ، الغرين والطين) عادة ماتنتظم سوية بمجاميع بشكل من التجمعات . ان انتظام الدقائق الاولية وتجمعها بنمط معين ومحدد يطلق عليه تركيب التربة (soil structure) . او هو عبارة عن التوزيع الفراغي لدقائق التربة الاولية (الرمل ، الغرين والطين) .

التجمعات الطبيعية تسمى اجزاء او تكسرات بينما كلمة مدرة (clod) فتستعمل لاي كتلة تربة تشكلت صناعيا . التجمعات الثابتة هي التي تقاوم التكسر بوساطة القوى الطبيعية مثل الماء والرياح .

تركيب التربة خاصية مهمة للتربة تؤثر في محيط التربة من خلال تاثيرها في كمية وحجم المسامات وسعة مسك الماء وجاهزية المغذيات ونمو الاحياء الدقيقة . ان تغير محيط التربة يؤثر في الانبات ونمو الجذور للمحاصيل .

تكون تركيب التربة Soil Structure Formation

تتجمع دقائق الطين الناعمة مثل الغرويات ومجاميع الدقائق سوية ماينجم عنها تماسك لتشكل مجاميع (clusters) ودقائق الرمل والغرين تنتظم في تجمعات الطين مشكلة تجمعا تركيبيا معينا . دقائق الرمل والغرين من خلال تغطيتها بغرويات الطين ترتبط سوية بتجمعات ينجم عنها تجمع طبيعي من دقائق الطين .

تؤثر كمية وطبيعة غرويات الطين في تكوين تجمعات دقائق التربة . طبيعة امتصاص الايونات الموجبة يؤثر كذلك في تكوين التجمعات . ايونات الكالسيوم والهيدروجين تعمل على احداث تجمعات افضل من ايونات المغنسيوم والحديد . ترطيب دقائق الطين مطلوبا لتشكيل تجمعات وذلك لان جزيئات الماء تبدي حركة قطبية (ثنائي الاقطاب) .

تعمل الاكاسيد الاحادية مثل اوكسيدات الالمنيوم والحديد كعوامل ربط دقائق الرمل والغرين لتكوين التجمعات . جزء الحديد في المحلول يعمل كعامل تصلب (flocculating) ويبقى فعالا كعامل ربط . التجمعات التي تتشكل بوجود الاكاسيد الاحادية تكون اكثر ثباتية من تلك التي تتشكل بوساطة الاطيان السليكاتية .

عند تحلل المكونات العضوية مثل المواد الاساسية السليلوزية تحرر مواد لزجة تشبه الاصماغ والمواد الغروية . الدبال واحماض الفولفك التي تنتج خلال تحلل المادة العضوية هي الاخرى ذات طبيعة لاصقة فتساعد في تشكيل تجمعات التربة . المادة العضوية الغروية اكثر فعالية في تشكيل تجمعات من الطين . الطين يمدص على الدبال مكون طين دبالي معقد يساعد كذلك في تشكيل تجمعات ثابتة ومستقرة . من نواتج الاحياء الدقيقة البارزة القادرة على ربط تجمعات التربة هي السكريات المتعددة (polysaccharides) والهيمسيليوز وبوليمرات طبيعية اخرى عدة . مثل هذه المواد تلامس اسطح الطين بوساطة روابط الايونات الموجبة والاواصر الهيدروجينية وقوى فاندرفال وميكانيكية امدصاص الايونات السالبة .

تجمع التربة Soil Aggregate

تشكل تجمعات دقائق التربة وقوتها يعتمد على عمليتي الانتفاخ والانكماش والنشاطات الاحيائية وانواع النواتج العضوية فضلا عن شدة وعدد مرات ومدة حدوث الانتفاخ والتجفيف . ان توزيع المسامات الداخلية لتجمعات دقائق التربة لا تتكون فقط

في المسامات الادق فحسب وانما كذلك تكون اكثر تعرجا وهكذا فان سريان الماء في تجمعات دقائق الترب يكون على الاغلب متعدد الاتجاهات .

سريان الماء المتناظر في منظومة المسامات الداخلية (intra – aggregate pore system) لتجمعات الدقائق يكون اقل بدرجة اكبر ، فضلا عن ان نقل الايونات بطريقة سريان الكتلة اضافة الى الانتشار فانهما يتاخران بسبب طول مسارات الجريان في مثل هكذا مسارات متعرجة ودقيقة التي تضيف عائق لعمليات التبادل الكيميائي .

ان تشكل تجمعات دقائق التربة تؤثر كذلك في تهوية وتركيب الغازات في فراغ مسامات التجمعات اعتمادا على نوع وكثافة التجمع . ان المسامات الداخلية للتجمعات يمكن ان تكون خالية تماما من الاوكسجين بينما المسامات بين التجمعات (intra – aggregate pores) تكون عالية التهوية . اعلى كمية من الكاربون العضوي المذاب تكون في محلول التربة المترشح وهناك اختلاف واضح بين تركيب الغازات المتواجدة في المسامات الداخلية لتجمعات دقائق التربة والغازات المتواجدة في المسافات بين التجمعات نفسها . ومن خلال استعراض الحالة الميكانيكية فان قوة تجمع الدقائق الاحادي يتحدد كما لو ان زاوية الاحتكاك الداخلي والتماسك يعتمدا على عدد نقاط التماس او القوى التي يمكن نقلها من خلال كل نقطة تماس مفردة . الترب الاكثر تركيبا هي التي تكون فيها نسبة اعلى من الشد الفعال الى الشد الكلي لكن حتى قيم الضغط المائي المسامي الموجب في التجمعات المفردة يمكن التوصل اليها . القوى الحركية مثل حركة العجلات و / او عمليات الانزلاق يمكن ان تؤثر في النظام المسامي اضافة الى تركيب التربة وذلك بوساطة :

1- اعادة توزيع وتنظيم التجمعات المفردة في ابقاء النظام المسامي بين التجمعات ما ينتج عنه زيادة الكثافة الظاهرية مع تقليل التهوية مع حجم تربة اقل لاحتواء الجذور .

2- التجانس تام في حالة تحطيم التجمع من خلال القطع وهكذا فان النسجة الاصغر تعتمد على تزامن قوة التربة مع انضغاط شديد الناجم عن الحمولة .

3- تحطيم التجمع الناجم عن القطع يتسبب عنه تجانس تام واذا كان هناك زيادة في الماء الجاهز للتربة فانه يسبب لتعجن حال حصول شدود القطع الثمان وان معدل الشدود الاعتيادية سيزيد عن حالة الشد تبعا لذلك فان عمليات التقلص والانكماش ستبدأ مرة اخرى .

انواع تركيب التربة Types of Soil structure

تختلف دقائق التربة في حجومها واشكالها وتوزيعاتها لذا فانها تتجمع بطرائق مختلفة وتترابط فيما بينها لتشكيل معقد وتوزيعات غير منتظمة عموما هناك ثلاث فئات من تركيب التربة والتي تم تميزها وهي الحبيبي الاحادي (single grained) والكتلي (massive) والتجمعي (aggregated) . عندما لا تتلامس دقائق التربة مع الاخرى كما في الترب الرملية تسمى في هذه الحالة تركيب حبيبي مفرد وعندما تتماسك التربة بكتل كبيرة متماسكة كما في حالة الطين فالتركيب في هذه الحالة يسمى كتلي وبين هاتين الحالتين فان حالة وسطية التي تكون فيها دقائق التربة بهيئة ركاميات مترابطة شبه ثابتة تعرف على انها تجمعات او Peds . ان هذا النوع الاخير من التركيب والذي يسمى تجميعي يكون ذا ظروف اكثر مرغوبة لنمو النبات خاصة في المراحل الحرجة المبكرة من الانبات وتاسيس البادرات . تكون وادامة حالة التجمعات يعد من السمات الضرورية للترب المحروثة . التربة المحروثة هي الحالة التي تكون فيها التربة من الناحية الفيزيائية مفككة ومفتته بشكل مثالي وذات تركيب مسامي للتجمعات يسمح بحركة حرة للماء والهواء وتكون سهلة العزق والتنعيم وزراعة البذور وذات وسط مناسب للانبات والنمو . تجمعات التربة يمكن ان تقسم الى فئتين اعتمادا على الحجم تسمى تجمعات كبرى (Macroaggregate) ذات قطر اكبر من 250 ملي مايكرون وتجمعات صغرى (Microaggregate) التي يكون قطرها اقل

من 250ملي مايكرون . ان التجمعات الكبرى تكون بشكل عام ذات قطر من مليمترات عدة وهذه عادة ماتكون تحشد من مجاميع صغيرة من التجمعات الصغرى .

اشكال تركيب التربة Shapes of Soil Structure

ان اشكال تجمعات التربة التي يمكن ملاحظتها في الحقل يمكن ان تقسم كالاتي :-

1- **صفائحي Platy :-** ذا طبقات افقية وتكون تجمعات نحيفة ومستوية كانها اوراق نحيفة في حزمة مثل هذا التركيب يحصل في الترب الطينية المترسبة حديثا .
2- **موشوري بهيئة اعمدة Prismatic or Colummar :-** تترتب عموديا وغالبا مايكون لها ستة اوجه وقطرها اكثر من 15 سم مثل هذا التركيب غالبا مايكون شائعا في الافق B للترب الطينية وخاصة في المناطق شبه الجافة . عندما تكون القمم مستوية فان تلك التجمعات الشاقولية يطلق عليها موشورية وعندما تتحدب تعرف على انها عمودية .
3- **كتلي Blocky :-** مكعب يشبه كتل التربة ذات الحجم اكثر من 10 سم وفي بعض الاحيان يكون زاوي مع اوجه مسطحة محددة بشكل واضح . هذا التركيب يحدث غالبا في الجزء العلوي من الافق B .
4- **كروي Spherical or Spheroidal :-** تجمعات محدبة وعموما لا يكون قطرها اكثر من 2 سم وغالبا ما تتواجد في حاله قليلة في افق A ومثل هذه الوحدات تسمى حبيبات وعندما تكون ذات مسامات تسمى فتت .

تختلف اشكال وحجوم وكثافات تجمعات الدقائق بشكل عام ضمن المقد . تجمعات دقائق التربة للافق B تكون اكبر نتيجة وزن الطبقات السطحية ذات انكماش وقدرة اقل على التوسع لذلك فهي اقل تذبذب مع تغيرات رطوبة التربة . يحوي المقد في المناطق شبه الجافة على افق A محبب مع افق B موشوري . في الاقاليم الدافئة الرطبة فان افق A يحوي تجمعات حبيبية بينما افق B يحوي تجمعات صفائحية او كتلية .

ثباتية التجمعات Aggregate Stability

تقاس ثباتية التجمعات من خلال مقاومة تلك التجمعات للتكسر عندما تتعرض لعملية ضغط تصدعي . التجمعات تتشكل وتتفتت وتعاد التجمعات بالتشكل من جديد عبر مسار الوقت . فعلى سبيل المثال اعادة حراثة الحقل لوقت معين تبدي تجمعات الدقائق تناسقا متقاربا لحجم الدقائق مع مسامات ذات حجم كبير مابين التجمعات الدقائقية مما يجعلها مواتية لغيض الماء بسرعة كبيرة وتهوية غير مقيدة . ان تركيب التربة ربما يبدأ بالتحطم نتيجة لفعل ارتطام قطرات المطر ومرور المكائن والالات واعادة عمليات الحراثة والزراعة وغيرها .

تتشكل تلك التجمعات مرة اخرى من جديد بعدما تتحلل المادة العضوية الموجودة في التربة . تتشتت دقائق الطين من التجمعات الصغرى يتحفز بوساطة امدصاص الاحماض العضوية المعقدة التي تزيد من الشحنات السالبة على الطين . تنتج الاحماض بوساطة جذور النباتات والبكتريا والفطريات . غير ان التشتتية للطين في التجمعات الصغرى يتم تقييدها او معادلتها بوساطة الفعل الربطي للسكريات المتعددة خصوصا المواد الجيلاتينية التي تنتجها البكتريا ولكنها يمكن ان تنتج عن جذور النباتات والهايفات الفطرية النباتية بتجمعات دقائق التربة يمكن ان تتعزز بوساطة فعاليات عدة والتي تعمل على الربط بين الغرويات العضوية والطين . تعتمد ثباتية تجمعات دقائق التربة كذلك على وجود الكاربوهيدرات السائدة من المصادر الاحيائية المجهرية .

ثباتية تجمعات دقائق التربة مفهوم يستعمل في العلاقة للتحطيم الذي يسببه فعل الماء اذ ان ترطيب التجمعات تسبب تدمير تجمعات الدقائق وذلك كنتيجة لذوبان او ضعف الاواصر نتيجة لعملية الانتفاخ التي تحصل للدقائق .

واذ ما كانت عملية الترطيب للدقائق غير متجانسة فان جانبا من التجمع يكون اكثر انتفاخا من الاخر مسببا احتكاك والترطيب المفاجئ يسبب طرد الهواء الى الجانب الاخر لتجمع الدقائق مما يسبب انفجار التجمع كون ضغط الهواء ينفذ خارج المنطقة نتيجة ازاحة الهواء من قبل الماء . قطرات المطر وسرعة جريان الماء تعمل على ازاحة الدقائق من تجمعها وهكذا فان كلا من المطر والري يقللان من ثباتية الدقائق . ثبات الدقائق بالماء تعد مهمة لاستدامة خصائص وظروف فيزيائية جيدة للتربة ولمدة طويلة .

ادارة تركيب التربة Management of Soil Structure

تعد صيانة التربة والنمو الجيد للمحصول اهم هدفين لتحسين ثباتية تجمعات دقائق التربة . ان رص كتلة التربة هو لتكسيرها لتصبح تجمعات دقائقها بحجم مناسب ويكون ذلك التجمع مستداما . ان تحسين ثباتية تجمعات دقائق التربة يمكن تحقيقه بوساطة زراعة محاصيل مناسبة واتباع نظم زراعية مناسبة ايضا واضافة بقايا المحصول والدمن العضوي .

ماء التربة Soil Water

حجز الماء Water Retention

يمسك الماء حول دقائق التربة بشكل طبقات رقيقة نتيجة لفعل ظاهرتي التماسك والتلاصق . اذ يمسك بقوة هائلة (كان تكون 10.000 بار) وذلك في المنطقة القريبة من دقائق التربة وكلما زاد سمك طبقة الماء فان القوة لتي يمسك بها الماء من قبل الدقيقة يقل. ففي حالة مسك الماء من قبل دقائق التربة وبقوة اقل من 0.3 الى 0.1 بار وتفقد قوة المسك هذه في الطبقات الاعمق نتيجة لقوة سحب الجذب الارضي . في حالة الماء النقي الممسوك في مكان معين وعندما لاتكون هناك قوة تؤثر عليه فان مقدرته

في انجاز شغل تكون صفرا . فلذلك يستطيع ذلك الماء الحركة باي اتجاه اعتمادا على القوة الخارجية المسلطة عليه . اما اذا كان الماء ممسوكا من قبل دقائق التربة و يحتوي على نسبة عالية من الاملاح او نتيجة لقوة الجذب الارضي فان قابلية ذلك الماء على انجاز شغل او جهده المائي يكون مقيدا لذا فان الجهد المائي لذلك الماء يكون ذا قيمه سالبة يعبر عن الجهد المائي للتربة عادة بوحدات البار او ميكاباسكال . ماء التربة الممسوك بين 0.3 الى 0.15- بار يعد ماءا جاهزا . ماء التربة يتحرك من منطقة الجهد المائي الاعلى (الاقل سالبية) الى منطقة الجهد المائي الاقل (الاكثر سالبية). حركة الماء تعد عاملا مهما في تحديد جاهزيته في التربة . عندما يستنفد الماء في المنطقة القريبة من جذور النباتات فان تعويضا لذلك الماء يحصل نتيجة لحركة الماء من منطقة الجهد العالي الى منطقة الجهد الواطئ .

وظائف ماء التربة Function of Soil Water

يعد ماء التربة العامل الرئيس المؤثر في تحوير محيط التربة اذ ان قوة التربة تقل بوجوده . ماء التربة يلطف حرارتها ويقلل من تطرف تلك الحرارة جاهزية المغذيات وحركتها تحصل خلال الماء . كذلك النشاطات الاحيائية التي تتضمن زيادة عملية التمعدن . ماء التربة يسيطر عليه بوساطة الامطار والري والبزل . المطر المستلم يكون استعماله مؤثرا في ثباتية التربة ومعايير حفظ الماء .

درجة حرارة التربة Soil Temperature

حرارة التربة احد اكثر خصائصها التي تؤثر في نمو المحصول وان المصدر الرئيس لحرارة التربة هو الشمس اما الحرارة المتولدة عن نشاطات التربة الكيميائية والاحيائية فتكون قليلة جدا او لا قيمة لها .

العوامل المؤثرة في حرارة التربة

Factors Affecting Soil Temperature

ان كمية الطاقة الشمسية المستلمة في وحدة مساحة التربة هي التي تحدد حرارتها فالطاقة المستلمة من الشمس تمتص من قبل التربة وتتحول الى حرارة ، اذ تستعمل جزء من تلك الحرارة في زيادة حرارة التربة وجزء في عملية تبخر ماء التربة .

الحرارة النوعية هي الحرارة (المقاسة بالسعرات) والمطلوبة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة علما ان درجة الحرارة النوعية للماء وهي 1 سعرة لكل غرام وللتربة 0.2 سعرة وللمادة العضوية 0.5 سعرة . تعني ان سعرة واحدة من الحرارة ترفع حرارة غرام من الماء درجة مئوية واحدة وترفع حرارة غرام واحد من التربة 2 مئوي وغرام واحد من المادة العضوية 5 مئوي . تزداد درجة الحرارة النوعية للتربة بزيادة محتواها الرطوبي . درجة الحرارة النوعية تكون 0.33 سعرة / غم عندما يكون المحتوى الرطوبي للتربة 20% و 0.38 سعرة / غم عند محتوى رطوبي 30% وهكذا فان التربة الرطبة تكون باردة بينما التربة الخفيفة التي تمسك ماءا اقل فان دفئها يزداد بسرعة اكبر .

اذا كان المحتوى الرطوبي 20% يعني ان 20 غم من الماء الموجودة في كل 100 غم من التربة وبما ان عدد السعرات الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 20 غم من الماء درجة مئوية واحدة هي 20 سعرة .

السعرات الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 100 غم من التربة درجة مئوية واحدة $= 0.2 \times 100 = 20$ سعرة .

اذا عدد السعرات الحرارية المطلوبة لرفع درجة حرارة 100 غم من التربة ذات المحتوى الرطوبي 20% هي 20 + 20 = 40 سعرة

اذا الحرارة النوعية = $\frac{40}{100}$ = 0.40 سعرة / غم

يعبر عن سريان الحرارة في التربة بالتوصيل الحراري ويزداد التوصيل الحراري للتربة بزيادة محتواها المائي ويقل مع المسامية . في الترب الرطبة ذات التوصيل الحراري العالي فان الحرارة تسري باتجاه الطبقات السفلى لذا فان الطبقات العليا من التربة تنخفض حرارتها . تعمل الحراثة على تحسين مسامية التربة وتقلل توصيلها الحراري مما ينتج عنه زيادة في حرارة الطبقات العليا من التربة .

ان حرارة التبخر الكامنة للماء هي 580 سعرة . التبخر من سطح التربة يقلل حرارتها . التربة تحت الغطاء النباتي تكون درجة حرارتها ابرد في الصيف و ادفأ في الشتاء من الترب المعراة . الغطاء النباتي الجيد يستلم كمية مهمة من الاشعاع الشمسي وبالتالي فانها لا تنفذ الى التربة وهكذا فان دفئها لن يزداد الترب المعراة تفقد حرارتها عن طريق اعادة الاشعاع في الشتاء . يعمل الغطاء النباتي كمادة عازلة ولذا فانه يقلل من فقد الحرارة . التربة ذات اللون الداكن يزداد دفئها اسرع من الترب الفاتحة اللون التي تعكس اكثر مما تمتص لذا فان الترب الداكنة تمتص حرارة اكثر . الترب الرملية يزداد دفئها اسرع من الترب الطينية لذا فان الاخيرة تمسك كمية اكبر من الماء .

تاثير حرارة التربة على نمو النبات

Effect of Soil Temperature on Plant Growth

حوالي نصف النبات يكون داخل التربة وان لحرارة التربة تاثيرا مهما في مظاهر وسمات النمو المختلفة للنبات ولاسيما في المراحل المبكرة من حياة النبات . يعتمد الانبات كليا على حرارة التربة وحالما توضع البذرة في التربة فانها تشرع

بالانبات والنمو لتعطي نباتا . درجة الحرارة العالية جدا والمنخفضة جدا تسبب ضررا للبذرة او تقتلها . درجة حرارة التربة المثلى للانبات وللمحاصيل المختلفة هي من 15 الى 18 م^0 للحبوبيات الشتوية و 32 م^0 للذرة الصفراء والبيضاء وقصب السكر والقطن .

الانبات والبزوغ يتم حثهما بزيادة درجة الحرارة الى حدود معينة . تحتاج الذرة البيضاء 51 وحدة حرارية متجمعة لكي تبزغ مع درجة حرارة اساس مقدارها 10.4 م^0 .

بذور الحنطة يبزغ جذيرها بعد ستة ايام من الزراعة في درجة حرارة 5 م^0 وثلاثة ايام في درجة حرارة 10 م^0 وخلال يومين في درجة حرارة 18 م^0 . ان الفلقة للقطن تنمو بدرجة اسرع فوق درجة حرارة 30 م^0 وبعدها تبدأ السرعة بالانخفاض .

درجات الحرارة المنخفضة يمكن ان تكون مؤذية في مرحلة البادرات . بعض المحاصيل مثل الذرة الصفراء والبيضاء تحتاج درجة حرارة عالية لنمو بادرات نشطة وان ذلك النمو عندما يبطئ في الوقت الذي تنشط فيه الفطريات المتطفلة مسببة اضعاف البادرات او قتلها .

لا تحصل نشاطات الاحياء المجهرية تحت درجة حرارة 5 م^0 او فوق 50 م^0 اما تحت درجة حرارة المثلى التي تتراوح بين 25 و35 م^0 . فان التمعدن وتثبيت النيتروجين في البقوليات وكل الفعاليات والانشطة الاخرى التي تعتمد على الحرارة سوف تنشط وتزداد تحت معدلات مثالية لدرجة الحرارة .

السيطرة على درجة حرارة التربة Control of Soil Temperature

السيطرة على درجة حرارة التربة عملية صعبة ومكلفة . غير ان هناك بعض الممارسات الحقلية التي يمكن ان تعمل على تغيير درجات حرارة التربة . المحتوى

الرطوبي يمكن من خلاله السيطرة على درجة حرارة التربة الى حد ما . فالترب المبتلة كثيرا ماتعاني تغدق وبزل ضعيف لذلك فان حرارتها تكون منخفضة . وفي هكذا ترب فان الحرارة يمكن رفعها من خلال بزل مزيد من الماء . الماء يبرد ويسخن ابطأ من التربة . وهذه القاعدة تستعمل لتلطيف درجة حرارة التربة في الاراضي المنخفضة للرز . لقد وجد في اليابان ان حوالي من 10 الى 30 سم من الماء يعمل على استدامة حرارة التربة خلال المراحل الخضرية للرز وذلك لتجنب التاثيرات العكسية لدرجات الحرارة المنخفضة . يعمل الغطاء النباتي على تقليل درجة حرارة التربة في الاقاليم الدافئة . بادرات القهوة و الشاي والتبغ تربى تحت الظل الى ان تنمو بدرجة معينة لتلافي ضرر الحرارة المرتفعة . استعمال المواد المغطية مثل تبن الحبوب تؤدي الى انعكاس جزء من الاشعة مما يسبب تقليل درجة حرارة التربة . المواد الداكنة مثل السماد الحيواني والفحم والنايلون تعمل على امتصاص اغلب الاشعاع فتزداد بذلك درجة حرارة التربة . تؤثر الحراثة في حرارة التربة من خلال تاثيرها في التهوية والكثافة الظاهرية .

هواء التربة Soil Air

الجزء الحجمي من هواء التربة Volume Fraction of Soil Air

تسمى النسبة الحجمية لثلاثة اطوار من التربة هي الصلبة والماء والهواء اذ تتغير نسب هذه المكونات الثلاثة باستمرار طالما ان التربة واقعة تحت الترطيب او التجفيف (الانتفاخ والانكماش) والحراثة والرص (انتظام الوحدات او تشتتها) ولاسيما ان الهواء والماء يحتلان المسامات نفسها لذا فان زيادة حجم احدهما يقابله نقصان في حجم الاخر .

السعة الحقلية للهواء هو نسبة حجم الهواء في التربة عند السعة الحقلية . ان سعة الهواء تعتمد على نسجة التربة ، في الترب الرملية تكون ضمن مدى 25% او

اكثر في الترب المزيجة عموما تكون بين 15 و 20% اما في الترب الطينية التي تحتجز كميات ماء اكثر فان نسبة الهواء تقل فيها تحت 10% من الحجم الكلي للتربة . الترب الناعمة النسجة ذات التجمعات الكبيرة (macroaggregates) ضمن رتبة قطر 5 ملم او اكثر عموما تكون مساماتها ذات حجوم كبيرة (المسامات ما بين تجمعات الدقائق) التي يكون البزل فيها سريعا وتبقى من الناحية العملية ممتلئة بالهواء كل الوقت . لذلك فان مثل هكذا ترب تبدو سعة احتوائها للهواء عالية (20 – 30 %) وفيما لو تشتت تجمعات الدقائق او تحطمت بفعل القوى الميكانيكية فان مساماتها الكبيرة الحجوم تنزع الى التلاشي ولذا فان الترب التي تكون متراصة وبقوة ربما يكون محتواها من الهواء اقل من 5% التي عندها تكون السعة الحقلية للرطوبة . ان حجم الهواء في مسامات التربة يحدد حجم الماء الذي ستحتويه التربة عند سقيها او تعرضها للامطار .

تركيب هواء التربة Composion of Soil Air

يختلف تركيب الهواء في التربة عن تركيب الهواء في الغلاف الجوي المحيط بها ، فمحتوى ثاني اوكسيد الكاربون والرطوبة النسبية يكونان عاليين بينما الاوكسجين يكون اقل مقارنة بالغلاف الجوي وكما في الجدول 5 . 3

جدول 5 . 3 . تركيب هواء التربة

الاجزاء	النسبة الحجمية		
	نيتروجين	اوكسجين	ثاني اوكسيد الكاربون
الهواء الجوي	79.00	20.95	0.03
هواء التربة (السطح)	79.00	20.60	0.25
هواء الترب الرملية	79.20	19.95	0.30
هواء التربة المزيجة	79.20	19.20	0.62
هواء الترب الطينية	79.20	19.69	0.66
هواء ترب الدمن	79.20	18.23	1.85

حركة هواء التربة Movement of Soil Air

عمليا يعد هواء التربة استمرارا للهواء الجوي لذا فان حالة تبادل مستمرة في الغازات بين التربة والغلاف الجوي . ان عملية دوران الهواء وحركته داخل جسم التربة يسمى التهوية (aeration) . ان حركة هواء التربة تتاثر بالحرارة والماء والانتشار فعندما تبدأ التربة بالحصول على الحرارة خلال النهار فان هوائها يتمدد ويتحرك باتجاه الغلاف الجوي وعندما يضاف الماء الى التربة فانه يحل محل الهواء في المسامات دافعا الاخير الى الغلاف الجوي ليعود بعدها عندما تجف التربة ثانية . يعد الانتشار العملية الرئيسة في التبادل الغازي بين التربة والمحيط الخارجي . كما ان النيتروجين والاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون الغازات الاكثر اهمية في كلا من هواء التربة والغلاف الجوي . كل غاز له جهد يحصل منه ضغط جزيئي بما يتناسب مع تركيزه وهذا الضغط الجزيئي هو الذي ينظم حركته ويتحرك الغاز من منطقة

الجهد العالي الى منطقة الجهد الواطئ (من منطقة الضغط الجزيئي العالي الى منطقة الضغط الجزيئي الاقل) .

التاثير في نمو المحصول Influence on Crop Growth

عندما يكون اوكسجين التربة محدودا فانه يؤثر في نمو اغلب المحاصيل . يتوقف النمو عندما يصل مستوى الاوكسجين الى مستويات اقل من 2% تحت الظروف الحقلية استنفاد الاوكسجين يحصل نتيجة زيادة كميات الماء في التربة .

يقل نمو الجذور عندما تنخفض نسبة الاوكسجين في التربة وتزداد نسبة ثاني اوكسيد الكاربون . يثبط الانبات بغياب الاوكسجين . كذلك يقل تحلل المادة العضوية ويحصل تغيير في منظومة الاحياء الدقيقة للتربة عندما يقل الاوكسجين .

تحتاج البطاطا والتبغ والقطن والبقوليات الى نسبة اوكسجين عالية في هواء التربة مقارنة مع محاصيل اخرى . الحبوبيات ماعدا الرز تعد محاصيل وسطية في متطلباتها من الاوكسجين اما الرز فيتحمل مستويات منخفضة من الاوكسجين او غياب تام للاوكسجين في التربة . امتصاص المغذيات والماء يقلان عندما ينخفض مستوى الاوكسجين في التربة اذ يتاثران بفعالية الجذور ومقدرتها في الاختراق .

السيطرة على هواء التربة Control of Soil Air

يمكن السيطرة على هواء التربة وبشكل رئيس من خلال تحسين عمليات البزل الجيد واتباع طرائق ري مناسبة لتفادي اضافة كميات زائدة من الماء .

المسامات Pore Space

ان حجم التربة الذي لا تحتله الدقائق يسمى مسامات وهذه المسامات التي يملؤها هواء او ماء او كليهما . تتواجد جذور النباتات وتنمو في المسامات وهذه

المسامات تسيطر بشكل مباشر على كميتي الماء والهواء في التربة وهكذا فانها تسيطر بشكل مباشر على نمو النباتات وانتاج المحصول . تصنف المسامات الى مسامات كبيرة (macro) وصغيرة (micro) اعتمادا على قطر المسامة فالمسامات ذات الاقطار بين 2 ملي ميكرون الى 20 ملي مايكرون تسمى مسامات صغيرة (micropores) والمسامات ذات الاقطار بين 20 الى 0.3 ملي متر تسمى مسامات كبيرة (macropores) .

كمية المسامات تعتمد على حجم دقائق التربة ونسجتها وتركيبها والفعاليات الاحيائية لتلك التربة ، فالترب الطينية تكون مساماتها الكبيرة اقل من الترب الرملية اذ ان المسامات الكلية تشكل من 50 الى 60 % في الترب الطينية و 30 الى 50% في الترب المزيجية و 20 الى 30 % في الترب الرملية . فالترب الرملية تحوي تقريبا 25000 مسامة / م^2 والترب الطينية تحوي 25 مليون مسامة / م^2. ان اضافة المادة العضوية للتربة يزيد من مسامية التربة . الانفاق التي تعملها كائنات التربة تزيد من مساميتها . المسامية يمكن تحويرها بوساطة الحراثة والري .

خصائص اخرى Other Properties

تنمو جذور النباتات داخل التربة متحرية عن الماء والمغذيات في طبقات مختلفة وبمختلف الخصائص الفيزيائية والكيميائية . ان التربة المناسبة لنمو محاصيل معينة يعتمد ذلك على مقد التربة وعمق التربة والماء الارضي وقوة التربة .

مقد التربة Soil Profile

للتربة طبقات واضحة باختلاف الاعماق تحت السطح . المقطع العمودي للتربة للكشف عن طبقاتها يسمى مقد (profile)

الطبقة الاعلى من التربة غالبا ماتكون غنية بالمادة العضوية وذات لون ادكن من الطبقات التي تحتها . هذه الطبقة العلوية تسمى افق A او التربة القمية اما الجزء الوسطي من المقد فعادة مايحوي على طين اكثر تسمى هذه الطبقة افق B او التربة التحتية . ان افقي A , B يشيران سوية الى التربة الحقيقية (solumn or true soil). تتغذى المحاصيل على الاغلب في الترب القمية والى حدود قليلة جدا في الترب التحتية. الافق C يشير عادة الى المادة الام .

عمق التربة Soil Depth

عمق التربة هو اخر حد يمكن لجذر النبات ان يبلغه ويختلف باختلاف الترب فهو يتراوح بين بضعة سنتمترات الى بضعة امتار . ان عمق مقد التربة يمكن ان يوضح بمجاميع هي مجموعة التربة العميقة (deep) والترب المتوسطة العمق (medium) والترب الضحلة (shallow) اعتمادا على عمق الجذور والى اي عمق يمكن للجذور ان تصله .

عمق الماء الارضي Water Table Depth

العمق الذي يتواجد فيه الماء الارضي داخل طبقات التربة يشكل كذلك حدا لنمو الجذور باتجاه الاسفل ، فالماء الارضي القريب من سطح التربة يسبب تغدقها . كل المحاصيل سوف تعاني من الماء الارضي العالي عدا الرز . الماء الارضي يتذبذب حسب المواسم فهو يكون ضحل العمق خلال الموسم المطري وعميق في موسم الصيف .

قوة التربة Soil Strength

تشير قوة التربة او مقاومتها الميكانيكية الى المقاومة التي تبديها التربة لنفاذ الجذر داخلها ويمكن قياس قوة التربة باستعمال مخروط قياس الاختراق ويعبر عنها بوحدات كغم / سم^2 او بار وتتراوح بين 0.2 بار في ترب الرز المغمور الى 22 بار في الترب السوداء الجافة . قوة التربة تعتمد بشكل رئيس على رطوبتها فهي تقل بزيادة رطوبة التربة وتزداد بزيادتها ومن العوامل الاخرى التي تؤثر في قوة التربة هما الكثافة الظاهرية و رص التربة والمادة العضوية .

لون التربة Soil Color

للتربة تدرجات الوان مختلفة كالاسود والاصفر والاحمر والرمادي وهذه الالوان يمكن ملاحظتها بسهولة ويمكن الاستفادة منها في عمليات تصنيف الترب . اذ ان بعض مجاميع الترب يتم تسميتها بعد سيادة لونها . ان لون سطح التربة ربما يختلف عن لون افاقها السفلية .

ان اختلاف تدرجات الالوان ربما تكون ناجمة عن اسباب عدة . احد تلك العوامل المسؤول عن لون التربة هو المادة الام فالحصى الرملي الاحمر يعطي تربة حمراء والعامل الثاني هو المادة العضوية في سطح التربة والتي تعطي لونا بنيا داكنا او اسودا والثالث هو وجود معادن معينة في التربة مثل مركبات التيتامين التي تعطي التربة لونا داكنا . مركبات الحديد مثل الهيماتيات تعطي لون احمر واصفر ليموني كما ان سيادة املاح السيليكا والجبس ينتج عنهما لونا للتربة ضارب الى البياض او رمادي خفيف . ان تجمع الاملاح يجعل من التربة بيضاءا او سوداء وذلك اعتمادا على نوع الملح السائد فاذا كانت التربة جيدة البزل مثل الترب الدبالية فان مركبات الحديد يشيع تكونها مما يعطي لون احمر للتربة . اما عندما تكون التربة رديئة البزل فان التربة يكون لونها بنيا او مخضرا فان التربة الغدقة احيانا في الطبقات السفلية للتربة فان

التربة تتبرقش او تتعدد الوانها مشيرة الى حصول تبادل بين ظروف الاكسدة والاختزال وخاصة في اعماق معينة والتي تعود بالدرجة الرئيسة الى تذبذب مستوى الماء الارضي .

ان لون التربة فضلا عن كونه يفيد في عمليات تصنيف الترب فانه يفيد شكل غير مباشر في الاشارة الى خصائص اخرى عدة للتربة فعلى سبيل المثال الون البني الداكن للتربة يشير الى محتواها العالي من المادة العضوية وخصوبتها واللون الاحمر يؤكد تهويتها الجيدة واللون الابيض يشير الى تراكم الاملاح وهكذا .

المحيط الكيميائي للتربة Chemical Environment of Soil

يعد المحيط الكيميائي للتربة في حالة حركية وتفاعلات لاستدامة تخفيف المحلول للمغذيات المسؤولة عن نمو النبات . ان نقل المغذيات وجاهزيتها في التربة يعتمد على درجة التفاعل (pH) ومعادن الطين والسعة التبادلية الايونية (CEC) للايونات الموجبة والسالبة .

تفاعل التربة Soil pH

يعرف تفاعل التربة على انه اللوغارتيم السالب لفعالية ايون الهيدروجين الموجبة . ان pH التربة يشير الى حموضتها او قلويتها .

$$pH = - Log [H^{+}]$$

تاثير تفاعل التربة (pH)

يؤثر تفاعل التربة في جاهزية المغذيات وظروف التربة الفيزيائية ونمو النبات .

جاهزية المغذيات Nutrient Availability

يؤثر تفاعل التربة في سرعة تحرر المغذي وذلك من خلال تاثيره في عملية اعادة التحلل والسعة التبادلية الايونية وقابلية المواد على الذوبان .

ان المصدر المهم للنيتروجين والكبريت هي المادة العضوية . تحلل المادة العضوية يكون ابطأ تحت درجة تفاعل منخفضة (اقل من 6) ويكون تحللها الاسرع بين 6 الى 8 . تتاثر جاهزية كل من Zn , Ca , Mn , Al , Fe بدرجة التفاعل وذلك من خلال تاثيرها في قابلية الذوبان لمركبات هذه العناصر . تكون جاهزية الفسفور عالية ضمن مدى درجة تفاعل من 6.5 - 7.5 (جدول 5 - 4) ونتيجة القابلية العالية لذوبان مركبات الفسفور تحت هذا المدى لدرجة التفاعل . تحت درجة تفاعل منخفضة فان الفسفور يترسب بهيئة فوسفات الحديد وفوسفات الالمنيوم بينما تحت درجة تفاعل عالية فان فوسفات الكالسيوم تتكون وهي ذا قابلية ذوبان قليلة . الايونات المعدنية الموجبة مثل الحديد (Fe) والمنغنيز (Mn) والنحاس (Cu) والزنك (Zn) والبورون (B) تترسب هي ا لاخرى تحت درجة تفاعل عالية وهكذا فان جاهزيتها تكون اقل في الترب القلوية . جاهزية البوتاسيوم (K) والبورون (B) تتاثر بدرجة تفاعل منخفضة ايونات الهيدروجين (H) تحل محل البوتاسيوم (K) فيحصل غسل لايونات البوتاسيوم . تحت درجة تفاعل عالية فان مركبات البوتاسيوم تتحول الى مركبات غير متبادلة وبذلك فان جاهزية البوتاسيوم تقل . البورون يغسل خارجا تحت ظروف درجة تفاعل منخفضة .

جدول 5 .4 . المدى المثالي لدرجة التفاعل (pH) لجاهزية المغذيات المختلفة

العنصر المغذي	مدى درجة التفاعل (pH) المثالية
N	6.0 – 8.0
P	6.5 – 7.5
K	6.0 – 7.5
S	6.0 فما فوق
Ca , Mg	7.0 – 8.0
Fe	6.0 فما دون
Mn	5.0 – 6.5
Bo , Cu , Zn	5.0 – 7.0
Mo	7.0 فما فوق

المحيط الفيزيائي للتربة Soil Physical Conditions

ظروف التربة الفيزيائية لها علاقة بدرجة التفاعل (pH) ولها تاثير مهم في نمو النبات . التربة ذات درجة التفاعل الاكثر من 8.5 تكون قلوية وذات محتوى صوديوم عال الذي يؤدي الى تشتت غرويات التربة ما ينجم عنه تحطيم تركيب التربة كما تتعرقل حركة الماء والهواء داخل التربة .

نمو النبات Plant Growth

ان درجة التفاعل العالية والمنخفضة للوسط الذي تتواجد فيه المغذيات له تاثير اقل في نمو النبات عندما يتم امداد النباتات بكميات كافية من المغذيات ، اذ ان تفاعل التربة يؤثر في نمو النبات من خلال تاثيرها في جاهزية المغذيات والظروف الفيزيائية للتربة .

درجة التفاعل (pH) المناسبة للمحاصيل المختلفة

Suitable pH for Different Crops

يختلف تفاعل التربة المفضل باختلاف المحصول ، فالرز والشاي مثلا يفضلان الترب الحامضية التفاعل واغلب المحاصيل تفضل التربة المتعادلة التفاعل كما في الجدول (5 - 5) .

جدول 5 . 5 . درجة التفاعل (pH) المفضلة لكل محصول

المحصول	درجة التفاعل
الرز	6.0 – 4.0
الحنطة	7.5 – 6.0
الذرة البيضاء	7.5 – 6.0
الذرة الصفراء	7.5 – 6.0
الشعير	7.5 – 6.0
الدخن	6.5 – 5.0
الشوفان	7.5 – 5.0
فول الصويا	7.0 – 5.5
البزاليا	7.0 – 5.5
قصب السكر	7.5 – 6.0
القطن	6.5 – 5.0
البطاطا	5.5 – 5.0
الشاي	6.0 – 4.0

Causes for Acidity and Remedies مسببات الحموضة ومعالجتها

ضمن مدى درجة تفاعل 5 - 7 فان حموضة التربة تعزى الى عمليات التبادل لايونات الهيدروجين . وفي درجة تفاعل اقل من 5 فان ايونات الهيدروجين تحل محل ايونات الالمنيوم (Al^{+++}) في طبقات معدن الطين . وهكذا فان الالمنيوم المنحل سيتحرر مائيا وتحل ايونات الهيدروجين محله في الشبكة . الحديد يسلك سلوكا مشابها ويساهم في حموضة التربة .

$$Al^{+3} + H_2O \longrightarrow Al(OH)^{2+} + H^+$$

$$Al(OH)^{2+} + H_2O \longrightarrow Al(OH)^{2+} + H^+$$

$$Al(OH)^{2+} + H_2O \longrightarrow Al(OH)^{3} + H$$

في الترب ذات السعة التبادلية الايونية المنخفضة (CEC) وفي المناطق المطيرة فان غسلا للقواعد يحدث ما ينتج عنه اختزالا في درجة التفاعل فضلا عن ان اضافة الاسمدة الحامضية تزيد من حموضة التربة . عندما يضاف كلوريد البوتاسيوم الى التربة فانه يتاين الى K^+ و Cl^- في محلول التربة وهنا سيحل البوتاسيوم محل الهيدروجين في معقد التبادل واذ ان الاخير سيتفاعل مع ايون الكلور منتجا حامض الهيدروكلوريك (HCl)

$$KCl \longrightarrow K^+ + Cl^-$$

$$K^+ + H^+ \longrightarrow H^+ + Cl \longrightarrow HCl$$

خلال عمليات تحلل المادة العضوية فان عددا من الاحماض ستتحرر مسببة زيادة حموضة التربة . في الترب الكبريتية الحامضية فان درجة التفاعل تكون منخفضة نتيجة تكون حامض الكبريتيك بوساطة اكسدة الكبريت والكبريتات .

الترب الحامضية يمكن تحويلها الى ترب متعادلة باضافة الجير (الكلس) المواد الكلسية التي هي اوكسيدات وهيدروكسيدات وكاربونات الكالسيوم والمغنسيوم . كاربونات الكالسيوم هي المادة الشائعة ستتحلل الى كالسيوم وكاربونات ثنائية وايون الهيدروكسيل من التربة . ايونات الهيدروكسيل ستعادل فعالية ايونات الهيدروجين .

$$CaCO_3 + H_2O \longrightarrow Ca^{++} + HCO_3^- + OH^-$$

كذلك فان اوكسيد الكالسيوم يحرر ايونات الهيدروكسيل ويزيد pH التربة

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca^{++} + OH$$

ان اضافة الكلس ولكامل احتياجات التربة فانه يزيد من درجة تفاعل التربة ويقلل محتواها من الالمنيوم . بالمقارنة مع استمرار الغمر او الري لحد الاشباع . ان اضافة الكلس بمقدار نصف ما تحتاجه التربة فانه يقلل الالمنيوم للترب الحامضية تحت مستوى السمية خلال ثلاثين يوما . الري حد الاشباع لا يقلل الالمنيوم الى تحت مستوى السمية حتى عند كامل متطلبات الجبس للترب الكبريتية الحامضية . يزيد الكلس من جاهزية المغذيات معنويا في كلا التربتين الحامضية والحامضية الكبريتية . الالمنيوم والحديد تكون جاهزيتهما عالية تحت استمرار الغمر مع مقارنة مع الغمر المتناوب او عند حدود الاشباع .

مسببات القلوية ومعالجتها Causes of Alkalinity and Remedies

الترب ذات التفاعل اكثر من 7 تسمى ترب قلوية . مسببات قلوية التربة متعددة. فالاشباع بالقواعد اعلى من ايونات الهيدروجين خاصة من الصوديوم و وجود الكاربونات الحرة للكالسيوم والصوديوم تعد مسببات للقلوية . الصوديوم المتبادل له تاثير كبير على درجة تفاعل التربة مقارنة بالكالسيوم والمغنسيوم اذ ان هيدروكسيد الصوديوم تعد قاعدة قوية . التحلل المائي لكاربونات الكالسيوم والمغنسيوم تحرر

ايونات الهيدروكسيل التي تزيد من درجة تفاعل التربة . ان وجود زيادة من الاملاح كذلك تعمل على زيادة درجة تفاعل التربة . الترب القلوية يتم تقسيمها على اساس التوصيل الكهربائي ونسبة الصوديوم المتبادل (ESP) و درجة التفاعل (pH) كما في الجدول (5 . 6) .

جدول 5 . 6 . تصنيف التربة القلوية

قسم التربة	التوصيل الكهربائي (EC)	ESP	pH
مالحة	> 4	< 15	< 8.5
مالحة - قلوية	> 4	> 15	> 8.5
قلوية	< 4	> 15	8.5 – 10

التوصيل الكهربائي (EC) للتربة يعرف على انه تبادلية او عكس المقاومة الكهربائية لمستخلص التربة لكل سم طول لمساحة مقطع عرضي مقدارها سم^2 واحد . عموما يعبر عنها بالـ dSm في درجة حرارة 25 م^0 وهي تستعمل للتعبير عن ملوحة التربة . نسبة الصوديوم المتبادل (ESP) يعرف على انه درجة الاشباع لمعقد التبادل للتربة بالصوديوم .

ان تقسيمات الترب القلوية تم تحويرها اذ اخذ بنظر الاعتبار نسبة التشبع بالصوديوم Sodium Adsorption Ratio (SAR) وكما في الجدول (5. 7) .

جدول 5 . 7 . الجدول المحور لتقسيمات الترب القلوية

قسم التربة	التوصيل الكهربائي(EC) dSm	SAR	pH
مالحة	> 2	-	-
مالحة – صودية	> 2	> 15	< 8.5
صودية	-	> 15	-

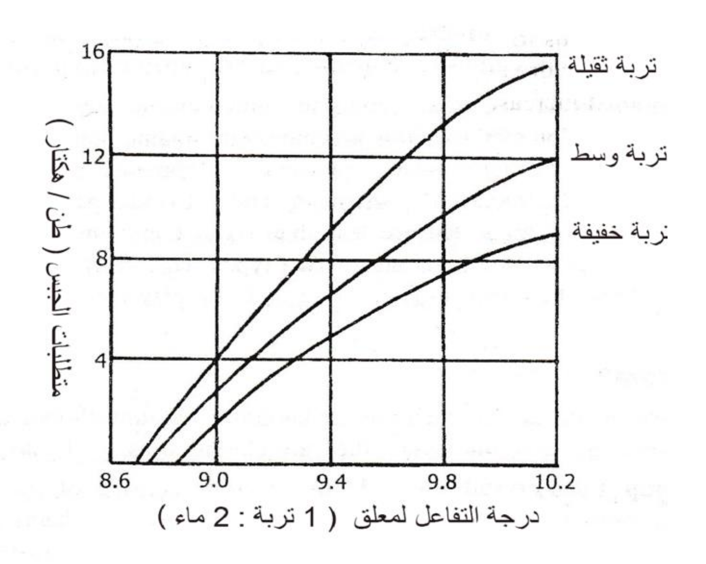
في الترب المالحة زيادة الملح في المنطقة الجذرية يسبب درجة تفاعل عالية للتربة وهذا التاثير يمكن ازالته بالغسل اما بالامطار او بماء الري . البزل يقود الى غسل الاملاح خارج منطقة جذور المحاصيل .

يتطلب استصلاح الترب القلوية ازالة جزء او اغلب الصوديوم المتبادل واحلاله بمزيد من ايونات الكالسيوم في المنطقة الجذرية . المصلحات الكيميائية التي تستعمل في استصلاح الترب القلوية تم تقسيمها على نطاق واسع الى ثلاث فئات :

1- املاح ذائبة مثل الجبس ($CaSO_4.2H_2O$) ، كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) والجبس الفوسفاتي .
2- املاح الكالسيوم القليلة الذوبان مثل الكلس وكاربونات الكالسيوم .
3- الحوامض واشباه الحوامض مثل حامض الكبريتيك ، كبريتات الحديد وكبريتات الالمنيوم ، الكبريت والبايرتيات .

ان كمية المصلح التي تستعمل في استصلاح الترب القلوية تعتمد على كمية الصوديوم المتبادل التي تعتمد على درجة تفاعل التربة . تتحدد متطلبات الجبس للترب

عـادة بتـوازن محلـول الجـبس لدرجـة قـوة معروفـة مـع التـرب الصـودية وتقـدير كميـة النقص بالكالسيوم . ان العلاقة الرياضية بين درجـة تفاعل التربـة والمتطلبـات التقريبيـة من متطلبات الجبس تم تمثيلها كما في الشكل (4.5)



شكل 4.5.يوضح متطلبات الجبس التقريبية للترب

ان الجبس المطلوب يتم نثره على سطح الارض ويتم خلطـه بالتربـة الـى العمـق المطلـوب . استصـلاح التـرب السـطحية بعمـق 10 – 15 سـم مـن خـلال خلـط الجـبس حققت كفاءة لا بأس بها لتعاقب محصولي (حنطة – رز) .

الكالسـيوم الموجـود فـي الجـبس يحـل محـل الصـوديوم مـن معقـد التبـادل ويتحـد الصـوديوم مع الكبريتات مكونا كبريتات الصـوديوم مسببة تقليل الصـوديوم المتبـادل مـا يقود الى تحسين حركة الماء والهواء .

تتواجد الترب الصودية والترب الصودية القلوية في اكثر من 75 بلدا وهي اخذه بالتوسع باضطراد في مناطق اروائية من العالم .

تـرب صـودية عـدة تحـوي علـى مصـادر مترسـبة او متوارثـة مـن الكالسـيوم بهيئـة كاربونـات الكالسـيوم باعمـاق مختلفـة ضـمن مقـد التربـة ومـن المعـروف ان كاربونـات

الكالسيوم ذات ذوبانية قليلة جدا ولا تتحلل طبيعيا لذا فانها لا تمد التربة بكميات كافية من الكالسيوم لتؤثر في اصلاح التربة مع ممارسات ادارة اعتيادية . بناء على ذلك فان تحسين هذه الترب يتم السيطرة عليه من خلال الاضافة الدورية للمصلحات الكيميائية . الترب الصودية يمكن جعلها ذات انتاجية عالية من النباتات المساعدة التي يطلق عليها الاستصلاح الحيوي (phytoremediation) .

النبات النموذج يعد اساس استراتيجي للترب الملوثة كتلك الحاوية على العناصر الثقيلة بمستويات قياسية . ان العمل من خلال زراعة انواع نباتية معينة قادرة على تجميع كميات كبيرة من الانواع الايونية المطلوبة في جذورها وبذلك تعمل على ازالتها من التربة . بناء على ذلك فان المصلحات النباتية للترب الصودية تتحقق من خلال قدرة جذور تلك النباتات في زيادة معدلات ذوبان الكلس مما ينتج عنه زيادة مستويات ايونات الكالسيوم في محلول التربة الذي سيحل محل ايون الصوديوم من معقد التبادل . المصلحات النباتية تكون مؤثرة خاصة عندما تستعمل في الترب المالحة الصودية ذات الملوحة المتوسطة والترب الصودية .

معادن الطين Clay Minerals

المعدن طبيعيا مادة اساسية غير عضوية مع تركيب كيميائي محدد وخصائص فيزيائية واضحة . المعدن الذي يشكل المكون الاساسي للصخور يعرف على انه معدن اولي وعادة مايكون لا مائي (anhydrous) أي لا توجد جزيئات ماء في تركيبه وتكون اساسا بوساطة عمليتي التبريد والتجمد للكتلة المنصهرة اما المعدن الذي يتكون نتيجة للتغيرات اللاحقة التي تحصل للصخور فيعرف على انه معدن ثانوي . هذا الاخير يكون مائيا ويتكون نتيجة لعمليات التجوية او التحول الذي يحصل على المعادن الاولية . ان بعضا من المعادن الثانوية هي الكالونايت والمونتمورلونايت والالايت والليمونايت والجبسايت والدولومايت والكالسيات والابتايت والجبس والبارايت

الالمنيوسيليكات المائية هي معدن ثانوي ذا حجم دقائق اقل من 0.002 ملم في قطرها هي معادن طين . معادن الطين سوية مع المادة العضوية يكونا الجزء الغروي من التربة الذي هو المركز الفعال لخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية . الغرويات هي دقائق ذات احجام اقل من 0.0002 ملم في قطرها . ان الدقيقة الغروية المفردة تسمى مايسيل (خثية micelle) . اغلب معادن الطين ذات قطر اقل من 0.0002 ملم كما ان الدبال يبدي خصائص غروية . ان غرويات التربة تكون بهيئتين هما غرويات عضوية وغير عضوية . الغرويات غير العضوية تكون اما معادن طين سيليكاتية او غير سيليكاتية اما الدبال فهو غروي عضوي .

معادن الطين السليكاتية Silicate Clay Minerals

هناك ثلاث معادن طين سيليكاتية مهمة هي الكالونايت والمونتمورالونايت واللايت واعتماد على عدد طبقات السيلكا والالومينا فانها تصنف الى ما ياتي 1 : 1 و 1 : 2 معادن طين .

مجموعة الكالونايت Kaolinite Group

كل وحدة بلورية من مجموعة الكالونايت تتالف من طبقة واحدة من السيلكا والالومينا وهكذا فانها من قسم 1 : 1 من معادن الطين وان هاتين الطبقتان يتم حملهما سوية بوساطة ذرات الاوكسجين التي تشارك بالتبادل مع ذرات السيليكون والالمنيوم لكل طبقة على حدة . تلك الوحدات تعود لتحمل بثنيات سوية بوساطة اواصر هيدروجينية وبسبب قوة الارتباط القوية بين الوحدات البلورية فان المسافة بين وحدتين تكون ثابتة ولا يحدث لها اي توسع عند اجراء عملية الترطيب . لذا فان الايونات الموجبة والماء لا يدخلان بين الوحدات التركيبية للغرويات او الجزيئات . ان المساحة السطحية الفعالة للكالونايت تكون مقيدة الى سطحها الخارجي . تكون السعة التبادلية الايونية اقل نتيجة المساحة السطحية القليلة . حجم وحدات الكالونايت يتراوح بين 0.1

الى 5.0 مايكروملميتر في عرضها . مجموعة الكالونايت لمعادن الطين تكون اكبر من المجاميع الاخرى .

مجموعة المونتمورالونايت Montmorillonite Group

ان وحدات المونتمورالونايت تنتمي الى قسم 1 : 2 وذا طبقتين من السيلكا مع طبقة واحدة من الالومينا . طبقات هذه الوحدات تحمل بشكل سائب بوساطة قوى فاندرفال الضعيفة وبالمقابل فان الوحدات تحمل سائبة بوساطة قوة ضعيفة جدا لارتباطات الاوكسجين بالاوكسجين لذا فانها بسهولة تتوسع مايسمح بجزيئات الماء والايونات الموجبة ان تدخل بين تلك الوحدات ، فضلا عن اسطحها الخارجية فان حركة الماء والايونات الموجبة بين وحداتها البلورية تبدي مساحة داخلية سطحية كبيرة جدا والتي تزيد بدرجة كبيرة عن زيادة المساحة السطحية الخارجية . ان حجم بلورات المونتمورالونايت تتراوح بين 0.1 الى 1.0 ملي مايكرون في عرضها وهي اصغر بكثير من جزيئات الكالونايت . اطيان المونتمورالونايت لها سعة تبادلية كاتايونية عالية ولدائنية اذ تبدي خاصتي الانتفاخ والانكماش .

مجموعة الالايت Illite Group

مجموعة معادن الطين للالايت تنتمي الى قسم 1 : 2 وهذه الوحدات تحمل بوساطة ايونات البوتاسيوم التي تكون اكثر شدة من روابط الاوكسجين في المونتمورالونايت وهكذا فان تلك الوحدات اقل توسعا من المونتمورالونايت .

معادن الطين غير السيلكاتية Non Silicate Clay Minerals

الاوكسيدات المائية للحديد والالمنيوم Hydrous Oxides of Iron and Aluminium

تتواجد هذه الغرويات في الترب الصفراء والحمراء للمناطق الاستوائية وشبه الاستوائية وهي اوكسيدات الحديد والالمنيوم متحدة مع اعداد مختلفة من جزيئات الماء وذلك اعتمادا على معدن الطين . على سبيل المثال الكايثايت Gaethite ($Fe_2O_3H_2O$) هو اوكسيد الحديد مع وجود جزيئة ماء واحدة والجبسايت Gibbsite ($Al_2O_3.3H_2O$) هو اوكسيد الالمنيوم المائي مع وجود ثلاث جزيئات ماء في تركيبه . هذه الجزيئات كذلك تحمل شحنات سالبة الا انها اقل من تلك الموجودة في الكالونايت . اغلب الاوكسيدات المائية لا تكون لزجة وذات لدائنية اقل وتماسكها اقل من معادن الطين السيليكاتية . الترب التي تسود فيها الاوكسيدات المائية تكون ذا خصائص فيزيائية مميزة جدا .

الاوليفينات Allophanes

مواد التربة المعدنية غير البلورية تسمى الاوليفينات التي تختلط مع السيلكا والاكاسيد الاحادية النصفية التي لها تركيب متقارب $Al_2O_32SiO_2.H_2O$ التي تتواجد في ترب عدة . الاوليفينات لها سعة تبادلية عالية للايونات الموجبة والسالبة .

غرويات التربة العضوية (الدبال)

Organic Soil Colloids (Humus)

الدبال هو نتاج من تحلل بقايا النباتات والحيوانات الذي يكون مستقر وغير متبلور وذات لون بين البني والاسود . على اساس الوزن المكافئ فان الغرويات

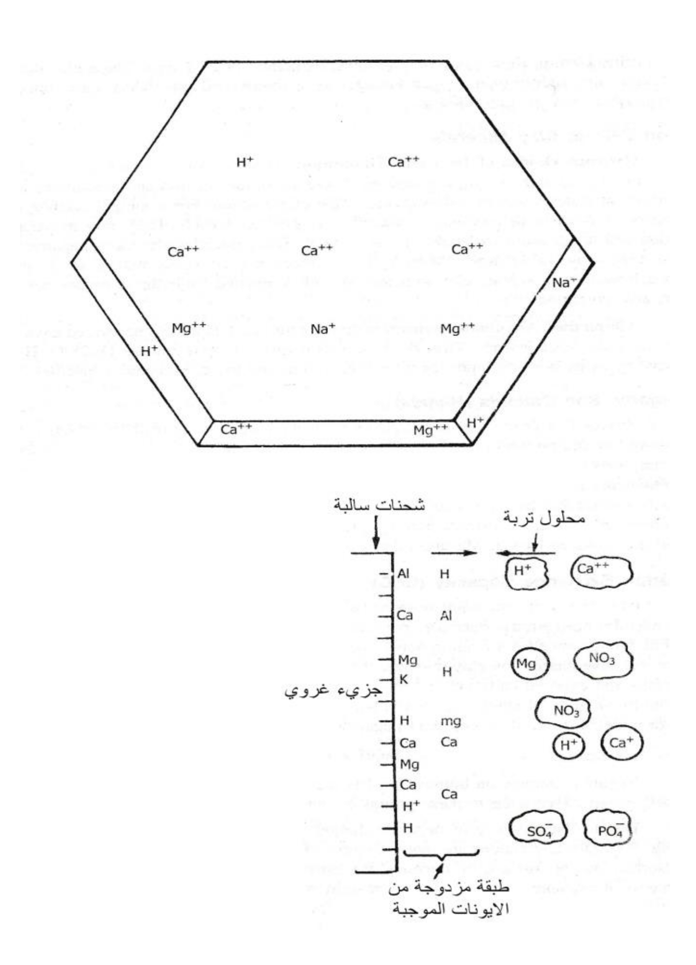
العضوية تبدي خمسة الى سبعة مرات قابلية امتصاص اكثر للماء والايونات الموجبة مقارنة بالغرويات غير العضوية . ان شحنات الدبال تعتمد على درجة التفاعل pH ، فتحت ظروف الحموضة القوية فان الهيدروجين يرتبط بشدة ولايمكن احلاله بسهوله بوساطة الايونات الموجبة الاخرى . لذا فان تلك الغرويات تظهر شحنة سالبة قليلة مع زيادة درجة التفاعل pH الهيدروجين من مجموعة الهيدروكسيل (OH) متبوعا بالهيدروجين من مجوعة الفينولات ، يتاينان ويحل محلهما ايونات الكالسيوم والمغنسيوم وايونات اخرى موجبة .

السعة التبادلية الكاتايونية Cation Exchange Capacity (CEC)

تعد CEC خاصية مهمة جدا من خصائص التربة التي لها علاقة بتغذية النبات. الغرويات او الدقائق لها مساحة سطحية كبيرة لكل وحدة وزن . اغلب دقائق الطين ذات تركيب بلوري بينما دقائق الدبال تكون غير بلورية . هذه الدقائق تحوي شحنات سالبة على اسطحها . ان الشحنة السالبة على دقائق الطين ينجم عنها احلال بلورات متناظرة بالشكل (isomorphic) وتاين مجموعة الهيدروكسيل وتكشف مجاميع الكاربوكسيل والهيدروكسي . احلال البلورات المتناظرة بالشكل لذرات السيليكا والالومينا باية ذرات مشابهة لها من ناحية الشكل الهندسي من شحنات قليلة ينتج عنه شحنات سالبة اعلى . هيدروكسيدات السيلكا على التاين تعطي شحنة سالبة اضافية .

$$SiOH + H_2O \longrightarrow SiO^- + H_3O^+$$

الشحنة السالبة على دقائق الدبال ينجم عنها تكشف مجموعتي الكاربوكسيل (COOH) والهيدروكسيل (OH) . الهيدروجين في تلك المجموعتين يتبادل مع الايونات الموجبة ونتيجة لوجود الشحنة السالبة فان الايونات الموجبة تمدص على اسطح الدقائق كما في الشكل (5.5)



شكل 5.5. مخطط يمثل العلاقة بين السعة التبادلية الكاتايونية (ECE) ومحلول التربة

الايونات الموجبة ثنائية الشحنة تمدص بقوة اكبر من الايونات احادية الشحنة . ان الايونات الموجبة الممدصة على سطح دقيقة الطين لها المقدرة على التبادل مع تلك الموجودة في المحلول . وهذه العملية التي تتبادل بها الايونات الموجبة بين الطورين الصلب والسائل تسمى التبادل الكاتايوني وتلك الايونات التي تحمل فوق الدقائق بطبقتين وتعرف على انها طبقة مزدوجة كهربائيا (الشكل 5.5) كمية الايونات الموجبة يعبر عنها بالملي مكافئ .

غرام من الهيدروجين يكون مكافئ وزني واحد ذلك لان وزن ذرة الهيدروجين يعد واحدا وهكذا فان ملي مكافئ واحد من الهيدروجين يكون واحد بالالف من الغرام من الهيدروجين او وزن واحد ملي غرام مكافئ والذي ينقص قليلا عن ملي مكافئ

وكل عنصر ايوني موجب يمكن ان يعرف بوزن مكافئ محدد على اساس ما مقدار من ذلك العنصر سوف يتفاعل مع او مزيج الهيدروجين من مواقع التربة التبادلية . ان الوزن المكافئ لاي عنصر يكون عبارة عن وزنه الذري الذي يكون مقسوما على شحنته ، فالوزن الذري للبوتاسيوم K^+ هو 39 وان له شحنة واحدة لذا فان 39 غم من البوتاسيوم سوف تزيح غرام واحد من الهيدروجين وهكذا فان وزن البوتاسيوم المكافئ هو 39 / 1 او 39 . الكالسيوم له وزن ذري 40 وله شحنتين فالوزن المكافئ للكالسيوم يكون 40 / 2 او 20 .

السعة التبادلية الكاتايونية (CEC) للتربة تتاثر بمقدرة التربة على حمل المغذيات مثل NH_4^+ , Mg , Ca وكمية المغذي المطلوبة لتغيير مستواه النسبي في التربة . ان النسبة المئوية للقواعد في الايونات الموجبة الكلية (عدا الهيدروجين) والموجودة على معقد التبادل تسمى تشبع القاعدة .

الهيدروجين هو ايون موجب لكنه حامضي وليس قاعدي كما هي Na , K , Mg , Ca . نسبة تشبع القاعدة تشير الى نسبة الكاتيونات القاعدية في السعة التبادلية الكاتايونية فعلى سبيل المثال لتكن السعة التبادلية الكاتايونية للتربة 20 ملي مكافئ والسعة التبادلية لايونات Na , K , Mg , Ca هي 15 ملي مكافئ فان نسبة التشبع بالقواعد هي 100 × 20 / 15 وهكذا تكون 75% . جاهزية تلك المغذيات تزداد مع نسبة تشبعها تلك .

السعة التبادلية للايونات السالبة

Anion Exchange Capacity (AEC)

تعد AEC اقل اهمية من CEC . ان مواقع التبادل للايونات السالبة من والى محلول التربة وكذلك من مكونات التربة تكون موجودة في مجموعات الامين (amine) في الدبال وفي حامض معدن الطين السيلكاتي عندما تكون الاصرة بين

معدن الطين وحدود الايون الموجب فضلا عن تحرر الهيدروكسيل من الحديد والالمنيوم يسبب شحنة موجبة على معدن الطين وبالطريقة نفسها التي تتبادل فيها الايونات الموجبة من معدن الطين ومحلول التربة فان الايونات السالبة تتبادل هي الاخرى كذلك .

محلول التربة Soil Solution

ان قابلية ذوبان المواد هي التي تحدد قابليتها على الحركة في التربة . الاملاح الذائبة هي الكلوريدات والكبريتات والنترات وبعض الكاربونات والكاربونات الثنائية للصوديوم والمغنسيوم والكالسيوم والامونيوم فعندما تذوب المادة في الماء فانها تتحلل الى ايونات موجبة وسالبة .

جزيئات الماء يعاد تنظيمها حول تلك الايونات وكما لو انها ثنائية القطب لتكون اغلفة حول الايونات . تلك الايونات خصوصا الموجبة منها تكون جاهزة للنبات وتمدص بسهولة من محلول التربة منه الى مواقع التبادل .

ان تركيز محلول التربة ودرجة تفاعله (pH) يتغيران باستمرار . محلول التربة وتبادل الايونات الموجبة لمعدن الطين يعتمدان على الاضافة الى والاستنفاد من محلول التربة . فعندما تضاف الاسمدة فان محلول التربة يكتسب مزيدا من الايونات الموجبة التي يصل قسم منها الى معقد الطين وعندما تمتص المغذيات من قبل النبات فان الايونات تتحرك من معقد الطين الى محلول التربة . مياه الري او الامطار تخفف محلول التربة بينما الجفاف يسبب زيادة تركيزه . ان درجة التفاعل لمحلول التربة يختلف خلال مدة نمو المحصول وبطريقة مشابهه فان الايونات السالبة تمتص كذلك ، ايون الهيدروكسيل يتحرر الى محلول التربة مسببا زيادة درجة تفاعله . الزيادة القليلة من ايونات الهيدروجين او الهيدروكسيل لا ينعكس على درجة تفاعل التربة وذلك نتيجة للسعة التنظيمية للتربة . ان السعة التبادلية (CEC) هي الالية التنظيمية

الاساسية في التربة وعادة بعض من الكاتايونات القابلة للتبادل تكون قاعدية (Mg^{++} , Ca^{++}) واخرى تكون حامضية (H^{+} , Al^{+++}) الا ان تلك الخصائص القاعدية او الحامضية لا يعبر عنها الا في محلول التربة . اغلب الترب تمتص ايونات موجبة عدة اكثر بمائة مرة من على وحدات الطين منه الى محلول التربة في ذات الوقت .

النسبة الفعالة من ايونات الهيدروجين هي التي تقاس فقط في درجة التفاعل وهذه متغيرة باستمرار او حصول توازن بين الايونات المتبادلة الممدصة والايونات في محلول التربة .

المغذيات Nutrients

المصدر Source :- الكاربون والهيدروجين والاوكسجين يتم الحصول عليها بشكل رئيس من الماء والهواء كما ان جزءا من الكاربون يتم الحصول عليه من الكاربونات الموجودة في التربة والمصدر الاخر المهم الذي يعد مصدرا للمغذيات النباتية الاخرى هو المادة العضوية والمادة المعدنية . يتم الحصول على النيتروجين من قبل النبات بدرجة رئيسة من المادة العضوية . بعض النباتات لها القدرة على تثبيت النيتروجين بالنسبة للمغذيات الاخرى فتعد المعادن مصدرا لها والى حد ما المادة العضوية .

جدول 5 . 8 . مصدر المغذيات النباتية في التربة

المغذي Nutrient	المصدر Source
C	الكارباميت
N	المادة العضوية
P	الابتايت (معادن فوسفات الكالسيوم) ، فوسفات الحديد والالمنيوم المادة العضوية
K	المايكا ، الفلدسبار
Ca	الدولمايت ، الكالسايت ، الابتايت ، كاربونات الكالسيوم ، الجبس ، الاكايت
Mg	الدولمايت ، المسكوفايت ، البايوتايت ، الاوليفين ، الاوكايت ، الهورنبليند

Source المصدر	Nutrient المغذي
البايرايت ، الجبس ، المادة العضوية	S
البايرايت ، الماغنيتايت	Fe
التاورمالين	B
الكالكوبايرايت ، الاوليفين ، الهورنبليند ، الاوكايت ، البايوتايت	Cu
الماكنايت ، البايروسولايت ، الاوليفين ، الهورنبليند ، الاوكايت	Mn
الاوليفين	Mo
السفاريلايت ، الاوليفين ، الهورنبليند ، الاوكايت ، البايو تايت	Zn
الابتايت	Cl

التحولات Transformation

تتعرض المغذيات الموجودة في التربة الى تغيرات فيزيائية وكيميائية واحيائية او تحولات . ان مواد عدة عادة ما تنتج اثناء التحولات التي لا ترتبط مباشرة بتغذية النبات بعض من تلك المواد ربما تكون سامة او ضارة والتحولات تلك قد تؤدي الى تحرر مغذيات او تثبيت مغذيات اخرى .

تحولات النيتروجين Nitrogen Transformation

نتيجة للتمعدن فان المادة العضوية يتحرر منها امونيوم او نترات وهذين يكونا جاهزين للنبات والنترات ربما يحصل لها تحولا اضافيا الى جزئتين نيتروجين تتحرر الى الجو . رطوبة التربة المثلى للتمعدن هي 50 الى 70% من قابلية التربة على مسك الماء . عملية التمعدن عملية لها علاقة بدرجة الحرارة وان سرعة التمعدن تكون اعلى عند درجات الحرارة العالية .

الاسمدة التي تضاف الى التربة يحصل لها تحول ويحدث لها فقد خلال عملية التحـول ، فاليوريـا حـال اضـافتها للتربـة تتحـول مائيـا بوجـود انـزيم اليـورييز (Urease) وتتكون كاربونات الامونيوم . اغلب الترب الصالحة لزراعة المحاصيل تحوي على كميات كافية من انزيم اليوروييز لما يحقق عملية تحلل سريعة .

$$CO\text{-}NH_2\text{-}NH_2 + H_2O \xrightarrow{Urease} (NH_4)_2CO_3$$

كاربونـات الامونيـوم مركب غير مستقر اذ يتحلل الـى امونيـوم وثـاني اوكسيد الكاربون ويمدص الامونيوم من قبل معقد الطين ونسبة فيها يتم امتصاصـها من قبل النبات وان حوالي 11% تفقد بالتطاير . حال ذوبان اليوريا فان فقدانا بالغسل يحصل لهـا لاسيما تحت ظروف الغمر . لذلك يجب دفن اليوريا لمدة 24 – 48 ساعة لتتم عمليـة التحضـين . فخـلال هـذه المـدة فـان اليوريـا سـتتحول الـى ايـون امونيـائي ويـتم ادمصاصـها من على معقد الطين وهذا يقلل عمليـة الغسل هذه التقنيـة قابلـة للتطبيق فـي الترب الحامضية والمتعادلة لزراعة الرز . في الترب القلوية فان هذه التقنية تعمل علـى زيادة عملية التسامي . تتعرض صيغ النيتروجين التـي تضـاف الـى التربـة الـى عمليـات فقد عدة كالتسامي والغسل واعادة النترجة وتثبيت الامونيوم وعدم الحركة .

ان تحـول المـادة مـن الحالـة الصـلبة الـى الغازيـة يطلـق عليهـا تسـامي (Volatilisation) اليوريـا والاسمدة الامونياكيـة تتعرض لعمليـة التسـامي . يحصـل تحلل اليوريا وكاربونـات الامونيوم ما يؤدي الى عمليـات التحلل وزيـادة درجـة التفاعل حول حبيبات اليوريا . ان زيادة درجة التفاعل تحث على الفقدان بالتسامي .

$$NH_4 + H_2O \longrightarrow NH_3$$

تسـامي الامونيـا تسـتدام بوسـاطة قلويـة التربـة ومـن جهـة اخـرى فـان تسـامي الامونيا يعمل على تقليل درجة التفاعل . في حالة اسمدة الامونيوم فان مصدر خـارجي يضـاف يعمل على زيادة قلوية التربـة يكون ضـروريا لحث التسامي ايونـات الامونيـوم

تتفاعل مع الماء وايونات الهيدروكسيل مكونة امونيا وماء وان غاز الامونيا سيهرب الى الغلاف الجوي .

$$NH_4^+ + OH^- + H_2O \longrightarrow NH_3\uparrow + 2H_2O$$

ان اسباب زيادة الفقد نتيجة لعملية التسامي هي :

1- بزيادة درجة التفاعل الناجمة عن ايونات الهيدروكسيل .
2- نقصان في السعة التبادلية الايونية نتيجة قلة الامدصاص .
3- زيادة درجة الحرارة نتيجة زيادة سرعة التفاعل .
4- زيادة في محتوى كاربونات الكالسيوم .
5- زيادة في جرعة النيتروجين .

ان معدل تسامي النيتروجين يتراوح بين 0.1 الى 20.0 % ويمكن تقليل هذه النسبة من خلال مزج السماد بالتربة او وضعه في شقوق داخل سطح التربة .

تسمى عملية فقد الاسمدة خارج المنطقة الجذرية للنبات مع الماء بالغسل (leaching) . الاسمدة الذوابة تتحرك مع الماء الى طبقات التربة الاعمق . الاسمدة النتراتية تتعرض لعمليات غسل اكثر من صيغ الاسمدة الاخرى . ان الفقد باليوريا يصل الى حوالي 7.5% من النيتروجين المضاف عندما تكون فعالية انزيم اليورييز اقل . الفقد يكون اقل مع الاسمدة الامونياكية اذ يمدص ايون الامونيوم على معقد الطين. الفقد بالغسل يحصل للاسمدة تلك في الاراضي المغمورة وفي الترب ذات السعة التبادلية الايونية القليلة .

ان ذلك الفقد بالغسل يحدث خلال مدة 12 اسبوع من مختلف مصادر الاسمدة المضافة على ثلاث دفعات في الترب الرملية اذ يكون ذلك الفقد كبيرا مع نترات الامونيوم (19.5%) والاقل مع اليوريا (7.4%) . ان الفقد بالغسل خلال تلك المدة يكون حوالي 9.7% لنترات الامونيوم الكبريتية و 9.4% لنترات الكالسيوم الامونياكية

و 7.7% لكبريتات الامونيوم . ان النترات الموجودة في التربة تتحول الى نيتروجين معدني ويفقد الى الغلاف الجوي . الفقد بعملية عكس النترجة يكون عاليا في الترب المغمورة .

تثبيت الامونيوم يحصل نتيجة مسك تلك الايونات من قبل الشبكة البلورية لمعادن المونتموريلونايت والالايت والفيريكولايت . هذه المعادن تعمل على تثبيت مزيدا من الامونيوم عندما تكون التربة جافة نتيجة انكماش تلك المعادن وتقلصها وعند التمدد فان ايون الامونيوم سيتحرر نتيجة للتبادل مع ايونات الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والهيدروجين .

الامونيوم المثبت يكون جاهز لاحياء التربة الدقيقة التي تعمل على تحويله الى نترات وكذلك جاهز لبعض النباتات التي تقوم بامتصاصه لذا فان هناك اختلافات قليلة جدا بين الامونيوم المثبت والامونيوم المتبادل . ان كمية النيتروجين التي تثبت يتراوح مداها بين 4 - 5% من محتوى النيتروجين الكلي .

التمعدن يكون اسرع في الترب جيدة التهوية ويتم من قبل الفطريات . مثل الفطريات الشعاعية (الاكتينومايسس) والبكتريا . عندما تضاف كميات كبيرة من المادة العضوية الى الترب . الاحياء المجهرية تستعمل النيتروجين الجاهز في التربة في عمليات التضاعف العددي لها . ان هذا الحجز المؤقت للنيتروجين في الاحياء الدقيقة يسمى تثبيت النيتروجين (immobilization) هي عملية حجز للتمعدن الذي يجري لاحقا .

تحولات الفسفور Phosphorous Transformation

يتواجد الفسفور في الترب بهيئتين عضوية ولا عضوية . الفسفور اللاعضوي يكون اكثر من الفسفور العضوي . عملية تمعدن المادة العضوية يحرر الفسفور بصيغة جاهزة . ان الهيئة العضوية لفسفور التربة هي فوسفات الكالسيوم Ca – P وفوسفات

الحديد Fe – P وفوسفات الالمنيوم Al – P . ان الصيغة السائدة للفسفور في ترب الفيرتسيول هي Ca – P وفي الالفيسول هي Fe – P في العراق اكثر من 40 الى 50 % من الفسفور الكلي في الترب القلوية وان نسبة Fe – P و Al – P تكاد تكون قليلة جدا . الفسفور في محلول التربة يكون بصيغة فوسفات احادية او ثنائية ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}) .

الفوسفات الاحادية (HPO_4^{-2}) تكون اكثر في الترب الحامضية والفوسفات الثنائية ($H_2PO_4^-$) تكون اكثر في الترب القلوية . يعتمد الفسفور في محلول التربة على سرعة اعادة تحلل المادة العضوية وعلى سرعة التفاعل مع الجزء غير العضوي الفوسفات العضوية وغير العضوية يكونا في حالة توازن مع الفسفور في محلول التربة.

يتبدل توازن الفسفور مؤقتا بوساطة الاسمدة الذوابة او بوساطة التمعدن السريع الناجم عن عمليات الزراعة . عندما يحوي السماد على فوسفات ذائبة ويتم اضافته للتربة فان الفسفور يتم حجزه او تثبيته باليات مختلفة . تثبيت الفسفور يتم بوساطة الامدصاص ، الاحلال البلوري والتفكك المزدوج . الفوسفات غير الذائبة تتجوى وتتحرر الفوسفات الذائبة الى محلول التربة وهكذا يتم استدامة حال التوازن . تتاثر عملية تثبيت الفسفور بدرجة التفاعل وطبيعة وكمية الطين والاوكسيدات الحرة والالمنيوم وكاربونات الكالسيوم والمادة العضوية . تعمل الترب الحامضية على تثبيت مزيدا من الفوسفات مقارنة بالترب المتعادلة والقلوية والترب الكلسية في درجة التفاعل من 2 الى 5 . يحصل التثبيت بدرجة رئيسة بوساطة الفوسفات غير الذائبة للحديد والالمنيوم اذ ان ايوني الحديد والالمنيوم يكونا فعالين في الترب الحامضية وضمن درجة التفاعل 4.5 الى 7.5 فان الفوسفات تثبت على دقائق الطين ويحدث بطريقتين :-

1- بوساطة احلال ايونين من الهيدروكسيل من الالمنيوم في الطين مع ايون واحد من الفوسفات الثنائية ($H_2PO_4^-$) .

2- بوساطة تكون ربط بين الفوسفات والطين .

مع مدى درجة تفاعل بين 6 الى 10 فان الفوسفات تترسب بهيئة فوسفات الكالسيوم او المغنسيوم واذ ان الكالسيوم او المغنسيوم يكونا اكثر في الترب القلوية تثبيت الفسفور يكون اكثر عندما يكون محتوى الطين عاليا . تثبت اطيان الفيرمكيولات والسمكتايت فوسفات اكثر من الكاألونايت . الترب السوداء لها مقدرة تثبيت اعلى من الترب الحمراء . ان وجود اوكسيدات الحديد والالمنيوم ينتج عنه ذوبانا ضئيلا للفوسفات . اوكسيدات الالمنيوم اكثر اهمية من اوكسيدات الحديد في عملية التثبيت . تثبيت الفوسفات يكون عاليا في الترب الحاوية على كميات كبيرة من كاربونات الكالسيوم ، تتحول الفوسفات الذائبة اولا الى فوسفات الكالسيوم الثلاثية ولاحقا الى كاربونات الابتايت ، ان الكالسيوم المتبادل يكون روابط طين – فوسفات الكالسيوم او يدخل الكالسيوم الى محلول التربة ويتحد مع الفوسفات .

نمو النبات الفعال يتداخل او يتعارض مع تحولات الفسفور الكيميائية في التربة من خلال اليات معقدة . بعض من تلك الفعاليات هدركسلة غرويات التربة وتمخلب الايونات المعدنية او تغير عمليات اللفظ والامدصاص (desorption – adsorption) . نتيجة لتلك العمليات فان التربة وسماد الفسفور يسحب منهما الفسفور ليتم اخذه حالا من قبل النبات . بشكل عام فان الفسفور اقل حركة من النيتروجين. من جهة اخرى فان حركة كبيرة تلاحظ في فوسفات التربة . ان ذائبية الفسفور في مغسولات الترب المختلفة تكون بمتوسط 1.4 ملغم / لتر . وذائبية الفسفور الموجود في ماء الرشح من الترب العالية الفسفور حوالي 0.11 ملغم / لتر .

ان وجود مخلفات الحضائر يقصر مدة تثبيت الفسفور ويعدل من جاهزيته . انتاج المحاصيل في الترب الحمراء يتحدد كثيرا بوساطة انخفاض جاهزية الفسفور التي تعزى الى امدصاص الفوسفات بوساطة الشحنات . المعادن التي تشمل كلا من اوكسيدات الحديد والالمنيوم والكالونايت ان اضافة مخلفات الدواجن تقلل من جاهزية

الفسفور ابتداء تزداد بعدها بسرعة حتى تبلغ حالة استقرار بعد عشرين يوما . جاهزية الفسفور تقل و لمدة اكثر من ثمانية اسابيع مع اضافة الفسفور عندما لا يضاف سماد حيواني . بوجود مخلفات الحضائر فان جاهزية الفسفور تقل خلال الستة اسابيع الاولى وبعدها تظهر زيادة جديرة بالاعتبار من الاسبوع الثامن فما فوق . يزداد تثبيت الفسفور فقط خلال الستة اسابيع الاولى وبعدها يبدأ بالانخفاض المستمر وهكذا فان وجود مخلفات الحضائر يقصر من مدة تثبيت الفسفور ويعدل جاهزيته . بعد ست عشر اسبوعا من التحضين عندما يضاف كلا من مخلفات الحضائر وسماد الفوسفات سوية فان الفسفور يتحول الى فسفور عضوي غير مستقر ، وفسفور عضوي متوسط الاستقرارية وفسفور مرتبط بالكالسيوم وعندما لايضاف السماد الحيواني فان الفسفور يتراكم ليسود بهيئة فسفور لا عضوي غير مستقر وفسفور لا عضوي متوسط الاستقرارية وفسفور لاعضوي . كل هذه الاجزاء ماعدا الفسفور اللاعضوي تبدي علاقة جيدة مع الفسفور المقدر بطريقة اولسن .

الفسفور الجاهز Available P.

تختلف خصائص امتزاز الفسفور بشكل واسع . الفسفور الجاهز يتراوح بين 10 الى 88% من الفسفور الكلي ان كفاءة مصدر الفسفور المضاف له علاقة بقابلية الذوبان والى بعض خصائص التربة مثل سعة امتزاز الفسفور . ان السعة العالية لامتزاز الفسفور تقلل تبادل فسفور التربة بغض النظر عن مصدر الفسفور . استجابة المحصول للفسفور لها علاقة بسعة امتزاز الفسفور ، فسفور التربة الجاهز عند البدء والقابلية الذوبانية للسماد الفوسفاتي المضاف . تنخفض نسبة الفسفور التي يتم اخذها من السماد المضاف بشكل جوهري مع زيادة سعة امتزاز الفسفور . نسبة الفسفور في النبات تشتق من السماد الفوسفاتي المستقر ومكافئ استعمال السماد اللذان يزدادان بنسبة 12% و 6% على التتابع مع الاضافة الموضعية للفسفور .

متطلبات الحنطة من الفسفور تكون اعلى ما يمكن في مراحل النمو المبكرة (اكثر من 1.67 ملغم / سم^2 من سطح الجذور / يوم) وان الفوسفات ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}) تتحرك من التربة الى سطح الجذر عن طريق الانتشار وهذه العملية يتم السيطرة عليها بتدرج التركيز للفوسفات القابلة للانتشار وكفاءة الانتشار . افرازات الجذور يمكن ان يكون لها تاثير على كلا الخاصيتين (التدرج وكفاءة الانتشار) . ان جزء الافرازات القابلة للذوبان في الماء تحوي على اكثر من 50% عادة من 8 سكريات مختلفة ، 10 – 40 % احماض كاربوكسيلية و 10 – 15 % احماض امينية واميدات . تركيب تلك الافرازات يعتمد على عمر الاجزاء الجذرية والتغذية . ان حوالي 50 – 75 % من افرازات الجذور تتحلل بوساطة عملية التنفس خلال ثلاثة ايام . في المحيط الجذري يكون هناك مزيج من الافرازات ونواتج تحولاتها والتي تؤثر في عمليات ربط الفسفور في التربة ونقل الفسفور الى الجذور .

لقد لوحظ اختلافات مهمة في سعة تجهيز الفسفور وامدصاص الفسفور للتربة . اذا حدود الامدصاص لا ترتبط بدرجة تفاعل التربة فحسب بل كذلك مع كمية ونوعية معادن الطين في التربة . ان اعلى امدصاص للفسفور والتي تلاحظ في بعض الترب ربما تكون نتيجة لمحتواها العالي من الكالونايت والمونتمورالونايت .

لقد لوحظ في تجارب التسميد ان فسفور التربة يزداد عندما اضيفت الاسمدة الفوسفاتية لمدة 69 سنة الاخيرة وان اقلها كان في الالواح التي اضيف لها سماد حيواني وان حوالي 77 – 86 % من السماد الفوسفاتي غير العضوي المضاف في 69 سنة الماضية تم تغطيته (دون ضياع) سواء في الحبوب التي تم حصادها او يبقى في الطبقة السطحية (30 سم) للتربة بينما فقط 32% من سماد الفوسفات المضاف بهيئة دمن تم تغطيته . فسفور السماد الحيواني نسبيا اكثر حركة من السماد الفوسفاتي غير العضوي .

ان الاضافة الطويلة الامد لمخلفات الابقار يحفز انشطة الاحياء المجهرية وان الفسفور سوف لن يتراكم الى مستويات كتلك التي تكون مع الفسفور غير العضوي المضاف للتربة .

في المناطق شبه الاستوائية عندما يتم زراعة محصولين خلال السنة فان تاثيرات الاسمدة الفوسفاتية المضافة الى كلا من المحصول الصيفي او الشتوي او كلاهما في كل سنة تم تقييمها على اساس حاصل المحصول وتحولات السماد الفوسفاتي الى الصور المختلفة لفسفور التربة . ففي احدى التجارب في الهند وجد ان فستق الحقل المزروع صيفا قد اظهر استجابة صغيرة ومتناقصة للسماد الفوسفاتي . المحاصيل الشتوية استجابت بشكل معنوي ومتوافق مع الافتراض ان 40 الى 60 كغم P_2O_5 / هكتار وتبدو كافية للسلجم والخردل - الحنطة على التتابع .

عند اضافة الفسفور خلال 25 سنة فان المحاصيل ازالت 21 – 54 % بينما 33 – 64 % قد تراكم في طبقة الحراثة تاركة 12 – 32 % لم تؤخذ بالحسبان وهذه ربما تكون قد غسلت الى الطبقات السفلية للتربة . السماد الفوسفاتي المتبقي يتحول الى صورة مستقرة (14 – 18 %) ومتوسط استقرارية (25 – 35 %) وغير مستقر (47 – 57 %) من صور الفسفور في التربة . نتائج تلك الدراسة مع فستق الحقل على اساس النظم الحقلية في المناطق شبه الاستوائية اشارت الى :

1- ان اضافة الاسمدة الفوسفاتية على المدى الطويل لكلا المحصولين (الصيفي والشتوي) في السنة قد عملت على زيادة معنوية في عملية تراكم الفسفور المتبقي في التربة وحثت على عملية التحول الى صيغ الفسفور غير المستقر .
2- اضافة السماد الفوسفاتي الى المحصول الشتوي تعد ضرورية . متطلبات الفسفور لفستق الحقل المزروع صيفا يمكن الحصول عليها من المستخلص من التربة وبقايا السماد الفوسفاتي .

نسجة التربة لها تاثير كبير على تحولات الفسفور . الفسفور المايكروبي يكون 13.0 و 9.8 و 6.5 ملغم / كغم لكل من الترة المزيجة والرملية المزيجة والرملية على التتابع . الفسفور المستقر يكون 22.9 و 18.0 و 11.5 ملغم / كغم لكل من التربة المزيجة والرملية المزيجة والرملية على التتابع . ان التغايرات في الفسفور المستقر لها علاقة بمحتوى التربة من الطين . معدل الزيادة في الفسفور المستقر لكل وحدة من السماد الكلي المضاف هي 0.85 ، 0.82 ، 0.73 ، 0.55 ، 0.24 لكل من الترب الرملية المزيجة والمزيجة والمزيجة الطينية والطينية والطينية الثقيلة على التتابع .

يزيد التسميد الفوسفاتي من الفسفور الجاهز على المدى القصير والمتوسط في الترب الصالحة للزراعة . في التربة المزيجة عشر سنوات من اضافة الفسفور نتج عنها وفرة في الفسفور غير العضوي فقط . في الترب الطينية الفسفور العضوي واللاعضوي ازدادا والفسفور المستقر حصل بعد عملية التسميد .

غالبا ما تتحول الفوسفات المضافة الى فوسفات الكالسيوم يتبعها فوسفات الحديد والالمنيوم وجزء عبارة عن فوسفات ممتزة على الكاربونات وبشكل عام فانها تزداد بزيادة معدل اضافة الفوسفات .

كل اجزاء الفسفور تقل بزيادة عمق التربة ، الفسفور المستقر والفسفور المتوسط الاستقرارية والفسفور غير المستقر يكون وجودها كلا على التتابع 5% و 30% و 65% من الفسفور الكلي . الراتنجات القابلة للاستخلاص يمكن ان تؤخذ بنظر الاعتبار لتكون جزء فسفوري اكثر جاهزية للنبات وترتبط بقوة مع محتوى التربة من الكاربون ما يعزز ان المادة العضوية للتربة من المحتمل ان تكون مصدرا اكثر علاقة بالفسفور الجاهز للنبات .

لقد وجد ان قيم فسفور التربة بقيت ثابتة على الرغم من الازالة التي تحصل بوساطة محصول الذرة الصفراء في ترب Inceptisol ذات المحتوى العالي من المادة العضوية رغم ان التربة لم تستلم اسمدة فوسفاتية طيلة مدة عشر سنوات . ان

الاستمرار بالتسميد الفوسفاتي بمعدلات من 44 الى 132 كغم فسفور / هكتار / سنة يزيد فسفور التربة بشكل خطي . السماد الفوسفاتي المتبقي في التربة ينتج عن الاضافة المستمرة للاسمدة الفوسفاتية ويكون سائدا بهيئة فسفور غير عضوي مستقر وفسفور متوسط الاستقرارية . زيادة معدلات الفسفور يفضل لتحولات فسفور التربة من الحالة المستقرة الى الحالة المتوسطة الاستقرارية مشيرا الى اعادة فسفور التربة المحجور .

ترب الالفيسول لها سعة تثبيت قصوى للفسفور (92.7 %) تتبعها ترب الفيرتسول (86.5 %) والانسيبتسول (76.6 %) عند اضافة 50 ملغم فسفور / كغم تربة الفسفور . يزداد الفسفور الجاهز في التربة بشكل عام عبر السنين نتيجة عمليات زراعة المحاصيل مع اضافة الاسمدة الفوسفاتية عكس الاسمدة النيتروجينية . ان استمرار اضافة الفوسفات ضمن حدود التوصية يزيد الفسفور الجاهز . على سبيل المثال اضافة 40 كغم P_2O_5 / هكتار الى فستق الحقل المزروع ديما في ترب الفيسول يزيد من الفسفور الجاهز للتربة من 20 كغم P_2O_5 / هكتار الى 55 كغم P_2O_5 / هكتار في خمس سنوات . الامر نفسه اعادة اضافة 52 كغم من سوبر فوسفات الى نظام حقلي (رز – حنطة) لمدة ثمان سنوات لترب الفيرتيسول ينتج زيادة خطية في الفسفور الجاهز مع الزمن . ان استعمال مزيج من اليوريا مع السماد العضوي يزيد جاهزية الفسفور وهذا يخالف المفهوم الذي كان سائدا من ان حركة الفسفور قليلة جدا او لا تكاد تذكر . الدليل على حركة الفسفور الى الطبقات السفلى للتربة في كلا من ترب الالفيسول والفيرتسول عندما يضاف الفسفور مع السماد العضوي .

الحنطة اكثر المحاصيل حساسة لغياب السماد الفوسفاتي بينما الذرة الصفراء والذرة البيضاء متوسطة الحساسية وزهرة الشمس اقل حساسية .

$$\textbf{دليل الحساسية للسماد الفوسفاتي} = \frac{\text{حاصل الحبوب بدون اضافة فسفور}}{\text{حاصل الحبوب باضافة اقصى كمية من الفسفور}}$$

دليل الحساسية 0.72 للحنطة و 0.77 للذرة الصفراء والبيضاء و 0.83 ولزهرة الشمس . ان القيم الحرجة لفسفور اولسن لاستجابة الحاصل هي بمعدل 3.3 الى 7.2 ملغم فسفور / كغم ترب للمحاصيل المختلفة . قيم فسفور التربة الحرجة للذرة الصفراء هي الاقل والاعلى لزهرة الشمس بينما تكون متوسطة للحنطة وفول الصويا والذرة البيضاء .

تحرر الفسفور Release of Phosphorus

ان تحرر فسفور التربة الى المحلول من المحتمل ان يكون مرتبطا بمزيج معقدات الالمنيوم والحديد والكالسيوم . ثابت التحرر للتربة يمكن وصفه بوساطة معادلة فعل القوة (a power – function equation) .

$$t^{B}\ \alpha = (\ y\ ) \text{ المتحرر}$$

اذ ان :

t = الزمن

α = السرعة الابتدائية للمتحرر

B = معدل المتحرر

***P* اولسن**	***CaCl₂ P***
α = 0.3 الى 34.9	9 – 55 ملغم / كغم
B = 0.405 الى 0.709	0.201 – 3.49 ملغم / كغم

تمعدن الفسفور يتاثر كثيرا برطوبة التربة منه الى درجة الحرارة . اضافة النيتروجين يزيد الفسفور العضوي في التربة .

امتصاص الفسفور Phosphorous Uptake

تختلف كفاءة امتصاص الفسفور باختلاف المحاصيل . الذرة الصفراء ذات كفاءة اكتساب اعلى بمرتين الى ثلاث مرات من فستق الحقل . فالذرة الصفراء لها المقدرة على امتصاص الفسفور حتى عندما يكون تركيزه منخفضا في المنطقة الجذرية. يفرز الحمص كميات كبيرة من الكاربوكسيلات وبشكل رئيس المالونيت والستريت والماليت . اخذ النبات للفوسفات يرتبط ارتباطا موجبا مع تركيز الكاربوكسيلات في المحيط الجذري للنبات .

تحولات البوتاسيوم Potassium Transformation

يتواجد البوتاسيوم الذائب في الماء في محلول التربة بصيغة ايون K^+ ويكون في حالة توازن مع البوتاسيوم المتبادل . وهذا موجود على معقد الطين للتربة اذ يكون ممدصا . البوتاسيوم المثبت يكون ممسكا بين وحدات معادن الطين . ان صيغ البوتاسيوم الثلاث هذه (الذائب والمتبادل والمثبت) تكون بحالة حركية متوازنة في التربة . عندما تستنفد احدى الصيغ يتم تعزيزها من الصيغتين الاخريين . البوتاسيوم غير الجاهز او المثبت في المايكا والفلدسبار هو الذي يكون جاهزا وببطئ نتيجة لعملية التجوية .

$$KAlSi_3O_8 + H_2O \longrightarrow KOH + HAISi_3O_3$$

يمدص البوتاسيوم المتبادل على معقد الطين ويتحرر الى محلول التربة عندما يقل تركيز البوتاسيوم الذائب في المحلول نتيجة لعملية الاخذ من قبل النبات . عندما تضاف الاسمدة البوتاسية فان البوتاسيوم الذائب في المحلول يزداد تركيزه وان جزء منه يتحول الى صيغة المتبادل وبالنتيجة الطبيعية الى الصيغة المثبتة .

بوتاسيوم ذائب بالماء $\longleftrightarrow$ بوتاسيوم متبادل $\longleftrightarrow$ بوتاسيوم مثبت

ان سلوك اضافة الاسمدة البوتاسيوم على المدى الطويل يمكن فهمها من التجارب . اذ ان جرعا من البوتاسيوم (0 او 240 او 280 او 690 او 1440 كغم K_2O / هكتار) اضيفت عام 1989 في تربة موليسول مزيجة كلسية خفيفة محتواها من الطين 23% مع سيادة معدن الطين الالايت (Illite) . التربة كانت ذا محتوى متوسط من البوتاسيوم وزرع محصول الذرة الصفراء كمحصول اختبار في التربة . قيم اختبار البوتاسيوم لم تنخفض خلال مدة الست سنوات الاولى الا انه قل خلال السبع الى عشر سنوات .

ان التربة المزيجة الخفيفة لا تثبت البوتاسيوم المضاف كسماد بقوة . نقص الحاصل ينجم عن نقص البوتاسيوم الذي يبدأ عندما تكون قيم فحص التربة تنخفض الاس الهيدروجيني تحت 150 ملغم بوتاسيوم / كغم تربة . ان كمية 1440 كغم K_2O / هكتار كان هي المعدل المثالي لجرعة واحدة في عملية تجهيز دقيقة ومضبوطة لاعطاء حاصل ضمن المستوى المطلوب من الذرة الصفراء لمدة عشرة سنوات . اما معدل 960 كغم K_2O / هكتار فكانت لمدة ست سنوات وجرعة 480 كغم K_2O / هكتار لمدة اربع سنوات وجرعة 240 كغم K_2O / هكتار لمدة سنة واحدة اما ما يتعلق ببوتاسيوم التربة فقد ساهم بامداد بالبوتاسيوم . التاثير المتبقي البوتاسيوم العالي امكن قياسه حتى بعد عشر سنوات .

ان التغيرات المتسببة عن ثلاثين سنة من استنفاد للبوتاسيوم في ترب الالفيسول المتعادلة في الطبقة العليا من الالواح والمسمدة (100 كغم / هكتار / سنة) والالواح غير المسمدة رغم المدة الطويلة من الاستنفاد للبوتاسيوم فان التربة كانت قادرة على تحرير كميات استدامة من البوتاسيوم الى النبات حتى بعد الثلاثين سنة تلك .

اضافة الاسمدة البوتاسية نتج عنها تثبيت 93 و 27 و 11 % من البوتاسيوم المضاف مع اجزاء الطين والغرين والرمل على التوالي وبعد خمسة عشر يوما من اضافة البوتاسيوم الى الترب الطينية فان 20% من البوتاسيوم المتفاعل تحول الى

بوتاسيوم متبادل ولكن بعد ثلاثين يوما فان تلك النسبة قلت الى 12% . في الجزء الغريني وخلال خمسة عشر يوما فان 72% من البوتاسيوم المتفاعل تحول الى بوتاسيوم متبادل وقل الى 41% بعد ثلاثين يوما . محتوى البوتاسيوم الذائب في الماء والمتبادل يزداد في جميع انواع الترب نتيجة اضافة الاسمدة البوتاسية وكمعدل فان اكثر من 85% من البوتاسيوم المضاف يبقى بصيغة ذائبة في الماء خلال يوم واحد ومن الطبيعي فان نسبة البوتاسيوم الذائب تقل مع زيادة زمن التحضين . ان اكبر كمية من البوتاسيوم المثبت تم ملاحظتها في الترب السوداء وفي الترب الحمراء المنخفضة . اضافة البوتاسيوم لترب Latretic يزيد من البوتاسيوم الذائب والمتبادل والمثبت .

صيغ البوتاسيوم K Forms

تتراوح كمية البوتاسيوم الكلية في الترب المختلفة من 2500 - 13000 ملغم / كغم وبمتوسط 7800 ملغم / كغم اما كمية البوتاسيوم الذائب تتراوح بين 2.0 الى 7.0 ملغم / كغم وبمتوسط قيمته 2.75 ملغم / كغم . البوتاسيوم المتبادل تتراوح قيمته بين 38 الى 118 ملغم / كغم وبمتوسط قيمته 87 ملغم / كغم . البوتاسوم غير المتبادل يتراوح معدله بين 760 الى 800 ملغم / كغم وبمتوسط قيمته 777 ملغم / كغم . لقد وجد ارتباط عال للبوتاسيوم المتبادل مع البوتاسيوم الجاهز . كما وجد ارتباطا عاليا بين البوتاسيوم الكلي مع البوتاسيوم غير المتبادل والبوتاسيوم الشبكي (lattice – K) .

لقد لوحظ فقدان في البوتاسيوم المرتبط بمعادن الطين عبر مدة 80 سنة من الزراعة في حقول الرز الصيني رغم استعمال اسمدة مركبة (NPK) . لقد حصلت محددات لمعادن الطين عند الري بالغمر للحقول الزراعية (3 ، 10 ، 15 ، 30 و 80 سنة) في الترب الطينية والترب الحمراء المشتقه من الترسبات الرباعية وان ثلاث معادن تكون متواجدة بشكل اولي في تلك الترب هي الالايت – مايكا ، وكلوريد

المغنسيوم ومعدن كلورايت المايكا الالومينية البينية التراصف (interstratified mica – aluminous chlorite mineral) .

ان اطوار ارتباط البوتاسيوم (المايكا المفتتة والالايت فضلا عن طبقات المايكا البينية التراصف) تفقد الى حد كبير بينما يقل محتوى الحديد في التربة كليا ويزداد في الكلورايت . ان مكون المايكا في طبقة خليط المعادن يقل كذلك . ان التغيرات في معادن الطين والوفرة النسبية لها يؤديان الى فقدان المعادن البوتاسية وزيادة في تكون اقل للسيليكاتيايت ومزيدا من كلوريدات المغنسيوم الحديدية (ferro – magensium chlorite) هذه التغيرات تحصل عبر ثلاثين سنة فما دون والتي تكون تغيرات سريعة الى حد ما وغير عكسية لمعادن طين التربة . يحصل تفتيت وتحول الالايت خالى معادن طين 1 : 2 اخرى في المناطق التي تستلم تساقط بكميات كبيرة .

الكيوتان (cutan) هو نسيج شائع في التربة ايضا ووجود بؤر لتفاعلات كيميائية واحيائية . ان تاثير الكيوتان على صور البوتاسيوم وتحولاتها تم التقصي عنه في الترب الطينية الرمادية لغرب استراليا . ان الكيوتان وحشوة التربة لهما نفس معادن الطين المرافقة للكالونايت كذلك السمكتايت (smectite) والالايت تبدو موجودة الا ان لها خصائص كيميائية مختلفة . محتوى الكاربون العضوي للكيوتان يكون اعلى منه الى حشوة التربة بينما قيمة تفاعل (pH) ونسبة الحديد القابل للاستخلاص بالاوكزالات و القابل للاستخلاص بالدايثايونيت (Feo / Fed) يكونا منخفضين . ان قيمة معدل تركيز البوتاسيوم في الكيوتان يكون اكبر بالمقارنة مع حشوة التربة ان ذلك التركيز يقل مع زيادة مسافة الكيوتان عن حشوة التربة .

لقد اظهرت المستخلصات الكيميائية ان معدل قيم البوتاسيوم الكلي والى حد ما البوتاسيوم المتبادل كانتا اعلى للكيوتان منه الى حشوة التربة لكن قيم البوتاسيوم المثبت والمتبادل كانتا متساويتين لكلا من الكيوتان وحشوة التربة .

في تجربة امدصاص الى عكس الامدصاص للبوتاسيوم (K adsorption / desorption) فان 35% من البوتاسيوم الممدص كان من قبل حشوة التربة ومن غير الممكن عكس الامدصاص بوساطة $I\ M\ NH_4A_C$. تلك النتائج اشارت الى ان الكيوتان اغنى بالبوتاسيوم نسبيا لذا فهو يلعب دورا مهما في تحديد البوتاسيوم الجاهز والى حد ما المتبادل والذي يعود الى الظروف الفيزيائية والكيميائية السائدة في التربة .

تحولات الكالسيوم Calcium Transformation

يعد الدولومايت المصدر الرئيس للكالسيوم فضلا عن الكالسايت والابتايت وفلدسبار الكالسيوم ومن خلال تفتت هذه الصخور وتحللها فان الكالسيوم يكون جاهزا للنبات ويمكن اخذه بوساطة النبات او يفقد بالبزل او يعاد امدصاصه من قبل الطين وربما جزء صغير منه يعاد ترسيبه بصيغة مركبات كالسيوم ثانوية . الكالسيوم لا يثبت و يكون جاهز في التربة . الكالسيوم في محلول وفي معقد التبادل يكون بحالة توازن حركي . التركيز العالي للكالسيوم في المحلول يمدص على معقد الطين . الكالسيوم المتبادل يتحرر الى محلول التربة حينما ينخفض تركيزه في المحلول .

تحولات المغنيسوم Magnesium Transformation

المغنيسيوم يكون جاهزا للنبات نتيجة لعملية التجوية للبايوتايت والدولومايت والكلوريت والسربنتاين والاوليفين . ان المنغنسيوم المتحرر ربما يمتص من قبل النباتات والاحياء الدقيقة او يحصل له فقدان بالبزل او اعادة ترسيب بهيئة معادن ثانوية. المغنسيوم في محلول التربة والمتبادل يكونا بحالة توازن حركي وكما في الكالسيوم .

تحولات الكبريت Sulphur Transformation

تحوي القشرة الارضية حوالي 0.60 % كبريت ويتواجد بهيئة كبريتدات وكبريتات او في المركبات العضوية مع النيتروجين والكاربون . ان المصدر الرئيس للكبريت في التربة هي الكبريتدات للمعادن في صخور البلوتونك (plutonic rocks). خلال عملية التجوية فان الكبريتيدات تلك تتاكسد الى كبريتات وهذه الكبريتات تتواجد بهيئة ملح كبريتي في المناطق الجافة وشبه الجافة .

ان الاضافة الطبيعية للكبريت بصيغة كبريتات الكالسيوم او المغنسيوم او البوتاسيوم او الصوديوم او الامونيوم في محلول التربة في الترب الزراعية فان الكبريتات تلك ربما تمدص على اطيان 1 : 1 او الاوكسيدات المائية للحديد والالمنيوم و ربما تمتص من قبل النبات والاحياء الدقيقة . الكبريتات تختزل الى كبريتيدات في الترب المغموة والغدقة او بهيئة H_2S ، FeS .... الخ . الكبريت المعدني هو اوكسيد للكبريتات بوساطة الاحياء الدقيقة في الترب ذات التهوية الجيدة .

تحولات الحديد Transformations of Iron

يعد الحديد اكثر العناصر الفلزية غزارة في القشرة الارضية ويتواجد في التربة بهيئة اوكسيدات وهيدروكسيدات وكبريتات في المعادن الاولية والثانوية وان كمية ضئيلة جدا من الحديد تتحرر نتيجة لعملية التجوية للمعادن الاولية والثانوية . نقص الحديد يحدث في الترب الكلسية والترب ذات المحتوى العالي من الفسفور . الحديد الجاهز والمتبادل يقلان بارتفاع درجة التفاعل كما انه يرتبط عكسيا بذوبانية الحديد . ارتفاع تركيز الفسفور يسبب ازاحة الحديد من على اسطح الجذور او حتى من داخل الجذور ، من المحتمل ان يكون بهيئة فوسفات الحديد . الحديد يتاكسد في الغلاف الجذري . الحشائش لها قوة اكسدة اعلى من البقوليات ومن الجدير بالذكر ان جاهزية الحديد تقل مع الاكسدة . جاهزية الحديد تكون عالية في الترب المغمورة نتيجة

لاختزال مركبات حديدية غير الذائبة الى مركبات حديدية ذائبة . المادة العضوية الموجودة في التربة او المضافة تؤدي الى تحسين جاهزية الحديد .

تحولات المنغنيز Manganese Transformations

المعدن الاولي الذي يتواجد فيه المنغنيز بشكل رئيس هو بهيئة اوكسيدات والى حد ما بهيئة كاربونات وسيليكات . ان المعدن الثانوي السائد هو البايرولوسايت والمغنايت عموما . يعد تواجد المنغنيز في التربة اما ثنائي التكافؤ Mn^{++} او ثلاثي التكافؤ (Mn_2O_3) أورباعي التكافؤ (MnO_2) وهذه الصيغ الثلاثة تكون في حالة توازن . تزداد جاهزية المنغنيز في الترب الحامضية وكما في حالة الحديد ، في الترب الحامضية يتجاوز المنغنيز الجاهز نسبة 16% من المنغنيز الكلي للتربة . بينما في الترب القلوية فانه لا يزيد عن 1% تزداد جاهزية المنغنيز في الترب المغمورة نتيجة عملية اختزال مركبات المنغنيز غير الذائبة الى مركبات منغنيز ذائبة . صيغ التكافؤ الثلاثي والرباعي تتواجد تحت ظروف درجة التفاعل العالية وظروف الاكسدة . كاربونات الكالسيوم تقلل جاهزية المنغنيز وذلك لقوة ربط المنغنيز على كاربونات الكالسيوم . المادة العضوية تقلل جاهزية المنغنيز .

تحولات النحاس Transformation of Copper

يتواجد النحاس في القشرة الارضية بشكل رئيس بهيئة كبريتيدات وان اكثر المعادن غنى بالنحاس هي الجالكوبايرايت (chalcopyrite) وهي ($CuFeS_2$) كذلك يتواجد في المعادن الثانوية والمعقدات العضوية . عملية التجوية تحرر النحاس . ذوبانية اسمدة النحاس المضافة تقل مع ارتفاع درجة تفاعل التربة ويعود الى امتصاص ايونات النحاس على غرويات التربة وكذلك نتيجة للترسيب بهيئة هيدروكسيدات النحاس يثبت النحاس بقوة على المادة العضوية .

تحولات الزنك Transformation of Zinc

يتواجد الزنك في سطح الارض بالدرجة الرئيسية بهيئة سفاليرايت (sphalerite) . كذلك معدن الكبريتدات يتواجد كاحد مكونات المادة العضوية . عندما تضاف املاح الزنك الذوابة الى التربة فانها تكون تحت تحولات عدة بوساطة الامدصاص ، الترسيب والدخول ضمن شبكات الاطيان او تستهلك من الاحياء الدقيقة . تتاثر تحولات الزنك بدرجة رئيسية بدرجة تفاعل التربة (pH) وخلال مدة 24 ساعة في التربة التي تكون ذات درجة تفاعل اكثر من 7 لذا فان امدصاص الزنك بوساطة معقدات الطين والمادة العضوية يكون عالي في درجة التفاعل الاعلى . عموما فان جاهزية الزنك تكون اكثر في الترب الحامضية وتقل جاهزيته اما بوجود مستويات عاليه من الفوسفات التي ينتج عنها فوسفات الزنك ذات قابلية الذوبان القليلة فضلا عن وجود المادة العضوية التي تعمل على امدصاص الزنك بقوة على الدبال . يشيع نقص الزنك في الترب الكلسية نتيجة لامدصاص الزنك على كاربونات الكالسيوم والمغنسيوم وتكوين كاربونات غير ذائبة .

يتواجد اغلب الزنك الطبيعي في الترب في الجزء المتبقي ذلك الذي يمكن اعتباره من السيليكات . يضاف الزنك من خلال اضافة الاسمدة بهيئة مخلبية قابلة للاستخلاص (EDTA – extractable fraction) ويكون مترافقا مع اوكسيدات الحديد والمنغنيز .

ان الصيغ المختلفة للزنك في التربة تكون اما ذائبة في الماء او متبادلة او عضوية او الاوكسيدات الحاوية على نوعين من الذرات . ان الزنك المضاف الى التربة يكون في البداية بصيغة فعالة مثل صيغة الذائب في الماء او المتبادل او القابل للاستخلاص ويتحول الزنك الى صيغ غير فعالة تستحث بوساطة الحرارة العالية وكذلك بعمليات التبادل بين حالتي الترطيب والتجفيف للتربة .

ان الزنك المضاف للرز يتم تحوله الى صيغ مختلفة تحت فترات مختلفة من عمليات الغمر في الترب الرسوبية اذ ان كميات الزنك الذائب في الماء زائدا المتبادل بالصيغ المقيدة بالاكاسيد الاحادية النصفية البلورية والعضوية تنخفض تدريجيا خلال الغمر .

من الاجزاء المختلفة الزنك الذائب في الماء زائدا المتبادل ، الاوكسيدات غير البلورية والكاربونات الرابطة للزنك والزنك المربوط بوساطة الاوكسيدات البلورية تزداد بينما معقدات الزنك والزنك المربوط بالمادة العضوية والزنك المتبقي تنخفض بزيادة صودية الماء . الزنك المتبقي هو الصيغة الاكثر سيادة من اجزاء الزنك الاخرى . ان كل الاجزاء تبدو في حالة توازن ديناميكي .

ان توزيع اجزاء الزنك في الاراضي المغمورة يكون من 65.6 الى 76.6 % بصيغة الزنك المتبقي بينما 1.12 الى 2.73 ، 2.17 الى 3.93 ، 3.08 الى 5.31 ، 4.07 الى 6.64 و 12.30 الى 19.50 % تكون بصيغة ذائبة في الماء زائد متبادل ، معقدات عضوية ـ اوكسيدات المنغنيز ، اوكسيدات احادية بصيغة غير بلورية واوكسيدات احادية نصفية بلورية على التتابع . ان الزنك المضاف يتحول الى الصيغ الخمسة الاخيرة وبنسب تتالف بمعدلات 4.18 ، 23.08 ، 19.64 ، 18.83 و 19.56 % على التتابع من الكمية المضافة . ان الغمر يسبب انخفاض تدريجي في جميع صيغ الزنك . الارتباط المعنوي الموجب لصيغ اوكسيدات المنغنيز للزنك مع حاصل المادة الجافة والزنك الماخوذ من قبل نباتات الرز يشير الى ان النباتات تلك تسترجع الزنك من جزء اوكسيدات المنغنيز .

ان نسبة استعادة (recovery) الزنك تزداد باضافة النيتروجين والامر نفسه فان اضافة البوتاسيوم سوف تزيد من الزنك الذائب في الماء زائد المتبادل . اضافة البوتاسيوم سوف تزيد من الاجزاء المختلفة لزنك الترب الطبيعي . تزيد اضافة البوتاسيوم كذلك من تحولات الزنك المضاف الى كل الاجزاء الثلاثة كلها للعنصر من

التربة . ان تاثير البوتاسيوم يكون اكثر وضوحا في الترب المغمورة منه الى الترب تحت ظروف الاشباع .

تسبب اضافة البوتاسيوم زيادة في امتصاص الزنك ونسبة الاستفادة منه بالنسبة للزنك الطبيعي او المضاف للرز . اضافة البوتاسيوم تزيد من امتصاص الزنك ونسبة الاستفادة منه لكلا من الزنك الطبيعي والمضاف الى الاراضي المنخفضة . ان حالات المغذيات الصغرى للترب تهبط بعد ثلاث دورات من الزراعة لنظام محصولي (حنطة – رز) عن قيم البداية الا ان نسب الهبوط تقل باستعمال الدمن الحيواني والسماد الاخضر .

تحولات البورون Transformation of Boron

يعد التورمالين (tourmaline) ، بروموسيليكات الفلورين (fluorine bromosilicants) ذا اهمية لاحتوائهما على معدن البورون ولانهما يقاوما التجوية فان جزء صغيرا من البورون يكون جاهزا للنباتات من هذين المصدرين . ان اغلب البورون في الحقول الزراعية يكون مصدره المادة العضوية . يحرر تمعدن المادة العضوية البورون وان بعضا منه يغسل وبعضا منه يحمل على الطين .

تعد مياه الري مصدرا اخر للبورون للمحاصيل الحقلية ، يضاف البورون الى الترب ويذوب اغلبه في الترب الحامضية ويتعرض للغسل خاصة في الترب الخفيفة النسجة . يزداد امتزاز البورون بزيادة درجة التفاعل (pH) . اكثر من 72% من البورون الذائب في الماء والمضاف يتحول الى غير ذائب بالماء تحت درجة تفاعل اكثر من 7.5 لذا فان جاهزية البورون المضاف تقل في الترب القلوية .

تحولات الموليبدينيوم Transformation of Molybdenum

يتواجد الموليبدينيوم بكميات كبيرة في الشبكة البلورية للمعادن الاولية. وتعد المادة العضوية مصدرا اخر للموليبدينيوم . يتواجد الموليبدينيوم في الترب بصيغة MoO_4^{-2} كما انه يمتز على معقدات الطين او يتواجد في محلول التربة و الموليبدينيوم لا يشبه المغذيات الصغرى الاخرى ، فهو يكون جاهزا في درجة التفاعل العالية للتربة MoO_4^{-2} يتحول الى ايوني هيدروكسيل من الطين . كما ان اوكسيدات الحديد والالمنيوم تزيد من امتزاز الموليبدينيوم ، المستويات العالية للاسمدة الفوسفاتية تزيد من جاهزية الموليبدينيوم الا ان الكبريت يقلل من جاهزيته . ان ايوني MoO_4^{-2} و SO_4 يتشابهان بالحجم والشحنة ويتنافسان على اسطح الجذور للدخول الى داخل النبات. رطوبة التربة العالية تزيد من جاهزية الموليبدينيوم لانها تقلل من ايون الحديدوز المسؤول عن الامتزاز .

تحولات الكلورين Transformation of Chlorine

يتواجد الكلورين في الترب بهيئة كلورايد ويكون ذا حركة عالية من التربة وهو لايمتز على معقدات الطين .

العوامل المؤثرة على جاهزية المغذيات الصغرى

Factors Influencing Micronutrients Availability

هناك عوامل عدة تؤثر في عمليات التحول لصور المغذيات الصغرى وبالتالي جاهزيتها ومن بين اكثر العوامل تاثيرا هي درجة تفاعل التربة (pH) والمادة العضوية ومحتوى التربة من كاربونات الكالسيوم او كمية الفسفور في التربة وعمليات

الغمر التي تتعرض لها الترب . ان تاثير العوامل تلك على جاهزية المغذيات الصغرى يمكن ايجازها بالجدول (9.5) .

جدول 9.5. العوامل المؤثرة في جاهزية المغذيات الصغرى من الترب

المؤثرات	جاهزية المغذيات الصغرى	
	زيادة	نقصان
المادة العضوية	Fe , B	Mn , Zn , Cu
الحموضة	Mn , Zn , Cu	
القلوية	Mo	
التربة الكلسية	-	Zn , Mn
الفسفور	Mo	Ze , Zn
الغمر	Fe , Mn , Mo	

تحورات المحيط الكيميائي

Modification of Chemical Environment

المحيط الكيميائي للتربة يتحور عادة باضافة المادة العضوية والاسمدة وبوساطة الري والحراثة .

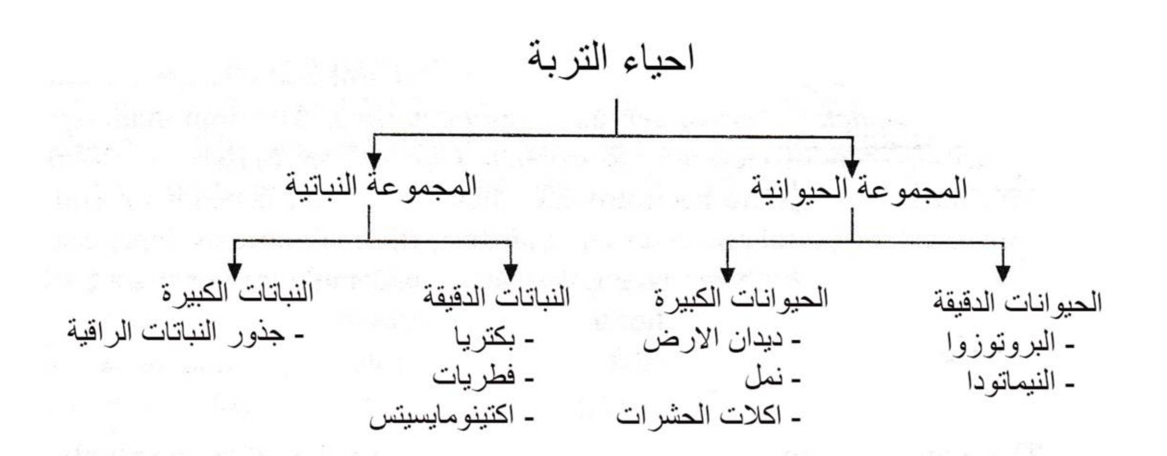
المحيط الاحيائي للتربة Soil Biological Environment

يتالف المحيط الاحيائي للتربة من مجاميع من الاحياء المجهرية التي تنتمي الى كلا من المملكتين الحيوانية والنباتية ، وبسبب عدد من فعاليات تلك المجاميع ونشاطاتها فان تغيرات عدة ستحدث التي ستساعد النبات بينما عدد قليل من تلك النشاطات تكون مؤذية . ان نشاطات وعدد الاحياء الدقيقة للتربة يمكن تحويريها من خلال ممارسات الادارة التي تهدف الى توفير بيئة مناسبة لنمو النبات .

تقسيمات احياء التربة Classification of Soil Organisms

تنتمي احياء التربة الى كلا من المملكة النباتية (flora) والمملكة الحيوانية (fauna) وفي التربة هناك كائنات حية نباتية وحيوانية التي اما لا ترى الا باستعمال المجهر او تكون متطورة وباحجام مختلفة وتسمى تلك الاحياء بالاحياء الصغرى او الدقيقة (Micro-organisms) او الكبرى (Macro – Organisms) .

نباتات التربة الكبيرة (macroflora) تكون حاوية على جذور بينما البكتريا والفطريات والاكتينومايستز (micro – and macro – organisms) على التتابع والطحالب تشكل النباتات الصغيرة (microflora) . البروتوزوا والنيماتودا تعد من الحيوانات الدقيقة (microfauna) المهمة في التربة اما ديدان الارض والحفارات والنمل .... الخ فتعد من الحيوانات الكبيرة (macrofuna) والشكل (6.5) يوضح تقسيمات احياء التربة .



شكل 6.5 . مخطط يوضح اقسام احياء التربة

جذور النباتات الراقية Roots of Higher Plants

الفضاء الذي يحيط بالنظام الجذري للنباتات الراقية يسمى الغلاف الجذري (Rhizosphere) يشكل الغلاف الجذري محيطا خاصا يشجع الانتشار السريع للاحياء المجهرية ما يؤدي الى ارتشاح مركبات غنية بالطاقة . البكتريا غالبا ما تستعمر الغلاف الجذري بكثافة عالية دون التربة الباقية وان حوالي 7 بليون بكتريا يمكن ان تتواجد في كل غرام من تربة الغلاف الجذري مقارنة بـ 25 مليون في التربة خارج الغلاف الجذري .

المجموعة النباتية الصغرى او الدقيقة Microflora

بناءا على متطلبات الاوكسجين فان الاحياء الدقيقة تقسم الى ثلاث مجاميع هي :-

أ- **المجموعة الهوائية (Aerobes)** هي تلك التي تعيش وتتضاعف تحت مستويات كافية من الاوكسجين الحر .

ب- المجموعة اللاهوائية (Anerobes) هي تلك التي تعيش بدون اوكسجين حر الا انها تحصل عليه من مركبات اخرى .

ت- الاختيارية (Facultative) :- هي التي تنو جيدا تحت مستويات كافية من الاوكسجين الا انها تستطيع التكيف تحت ظروف المستويات المنخفضة جدا من الاوكسجين .

بناءا على المتطلبات الحرارية فان الكائنات الدقيقة يمكن ان تقسم الى مجموعة ذا درجة الحرارة الواطئة (< 10 م^0) ودرجة الحرارة الوسطية (20 – 40 م^0) ودرجة الحرارة العليا (> 40 م^0) . الذاتية يمكنها ان تثبت ثاني اوكسيد الكاربون بينما الرمية تعتمد على المادة العضوية للحصول على كاربونها .

يعتمد اعداد ونشاط النباتات الدقيقة (microflora) على خصائص المحيط الكيميائية والفيزيائية للتربة . ان رطوبة التربة لها اهمية كبيرة في تواجد الاحياء المجهرية في التربة ، فعندما تكون رطوبة التربة قريبة او تحت السعة الحقلية فان البكتريا الهوائية ستزدهر اما تحت ظروف الاشباع او الغمر للتربة فان البكتريا اللاهوائية سوف تبقى فقط . الاكتينومايسسز (الفطريات الشعاعية) سوف تموت تحت الظروف اللاهوائية . ان نسبة الرطوبة المثالية للبكتريا الهوائية هي 50 الى 75 % من السعة الكلية لمسك الماء بينما يسود الاكتينومايسسز في المناطق الجافة .

اغلب المجموعة النباتية الدقيقة هي مجموعة الحرارة الوسطية (mesophiles) وتنمو جيدا تحت درجات حرارة 15 الى 45 م^0 ودرجة الحرارة المثالية هي 37م^0 . التركيز العالي لثاني اوكسيد الكاربون يعد ساما للنباتات الدقيقة كما ان درجة التفاعل تختلف باختلاف طرز النباتات الدقيقة . البكتريا تنمو بشكل جيد ضمن مدى درجة تفاعل من 6.5 الى 8.0 والفطريات تفضل بين 4.5 الى 6.5 بينما الاكتينومايسيتن تفضل الظروف القلوية الواطئة . النباتات الدقيقة الرمية التغذية تحتاج

مادة عضوية لتشكل كاربونها ولذلك فهي تزدهر عندما يزداد محتوى التربة من المادة العضوية .

بكتريا التربة **Soil Bacteria**

تعد البكتريا الاشكال الاصغر والابسط لحياة النبات فهي كائنات حية وحيدة الخلية واغلبها اما تكون مغزلية او عصوية . وزن البكتريا يتراوح تقريبا بين 0.01 الى 0.4 % من وزن التربة . وغالبا ماتكون بغزارة (تتراوح بين 4.6 الى 8.4 مليون لكل غرام تربة) من بين الكائنات الدقيقة الموجودة في التربة وان اكثر الانواع غزارة من بكتريا التربة هي *Azatobacter , Pseudomonas , Agrobacterium , Aerobacter , Arthobacter , Bacillus* كما ان الانواع الاكثر اهمية في تغذية النبات هي *Beijerinckia , Clostridium , Rhizobium Nitrosomonas , Nitrobacter* وان تلك البكتريا رمية التغذية لذا ان اعدادها تعتمد على المادة العضوية للتربة . تؤدي البكتريا ادوارا مهمة في عمليات عدة لتحولات المغذيات ، فتثبيت النيتروجين العملية الاكثر اهمية والتي تنجز بوساطة البكتريا والتي لها دورا مهما في الزراعة . كما ان مراحل عدة من عمليات تمعدن المادة العضوية تقوم بها بكتريا اذ تقوم بتحرير مغذيات N , P , K , S , Fe تقوم البكتريا بعمليات التحلل للسليلوز وعمليات اكسدة الكبريت والمنغنيز .

فطريات التربة **Soil Fungi**

ان عدد الفطريات لكل غرام تربة هو اقل من عدد البكتريا (0.9 الى 1.4 مليون لكل غرام تربة) الا ان وزنها يكون مساوي تقريبا لوزن البكتريا لان حجم الفطريات بطبيعة الحال اكبر . تسود الفطريات في الترب الحامضية التي تكون فيها البكتريا و الاكتينومايسيز غير فعالين . ان مدى درجة التفاعل (pH) المثالية للفطريات تتراوح

بين 4.5 الى 6.5 وتعد اجناس *Aspergillus* , *Pencillium* , *Mucor* , *Trichoderma* , *Fusarium* وغيرها الاكثر اهمية في الترب اذ تقوم هذه الاجناس بوظيفتين مهمتين هما :-

1- تعمل ككاسحات ومحللات لانواع عدة من المواد وكما في الجدول (10.5) فالبكتريا لا تستطيع ان تحلل اللكنين بينما تستطيع الفطريات ذلك .
2- فطريات معينة تتغذى على البروتوزوا والنيماتودا وهي بذلك تعمل على خلق توازن للمجاميع النباتية الدقيقة في التربة .

جدول 10.5. المواد التي تقوم الفطريات بتحليلها

المواد	الكائنات المسؤولة
السيليلوز	البنسيليوم Pencillium
	الترايكوديرما Trichoderma
	الاسبرجلس Aspergillus
	الفيوزيريوم Fusarium
اللكنين	البازيدويمايستز Basidimycetes
	الاسبرجلس Aspergillus
	الميكور Mucor
	السترومايسيس Citromycetes

المايكورايزا هي فطريات التربة الاخرى تعمل على اذابة الفوسفات في التربة وتزيد من جاهزيتها للنبات في المكان الذي تعيش فيه المايكوريزا التي تعيش داخل

الجذور (داخلية التغذية) هي *Rhizoctonia , Phoma* . المايكورايزا خارجية التغذية التي تنمو على اسطح الجذور هي *Boletus , Amanita* .

الاكتينومايسيتس (الفطريات الشعاعية) Actinomycetes

وهي كائنات دقيقة خيطية وهي وسط في حجمها بين البكتريا والفطريات وهناك 1.7 الى 4 مليون لكل غرام من التربة وتاتي بعد البكتريا في غزارة اعدادها في التربة ويعد *Streptomyces* الجنس الاكثر شيوعا من الاكتينومايستس ، اذ ينتشر انتشارا واسعا في الترب وفي المواد العضوية المتجمعة. وهي اكثر انتشارا في الطبقات السطحية لترب المناطق الاستوائية الجافة وان درجة الحرارة المناسبة للاكتينومايستس تكون بمدى 28 م^0 الى 37 م^0 و تتواجد ذوات درجة الحرارة المنخفضة في السماد الحيواني والسماد العضوي وهي تقوم بتحليل كل من المواد في كل تلك الانواع فضلا عن انها قادرة على تحليل مزيدا من المواد العضوية المقاومة للتحلل الا ان التحلل يكون ابطأ مما في حالة البكتريا او الفطريات .

الطحالب Algae

تعد الطحالب ذاتية التغذية فهي تحوي على صبغات لتثبيت ثاني اوكسيد الكاربون وان كلا من الاحياء الدقيقة والكبيرة (micro – macro organisms) موجودة في مجموعة الطحالب واعتمادا على لون الصبغات في الطحالب فانها تقسم الى مجموعتين

1- الطحالب الخضراء المزرقة Cyanophyta – blue green algae :- التي تتواجد بدرجة رئيسية في المناطق الاستوائية .
2- الطحالب الخضراء Chlorophyta – grass green :- تتواجد في مناطق الحشائش الدافئة .
3- الطحالب الخضراء المصفرة Xanthophyta – yellow green algae .

4- الطحالب الخضراء الذهبية Bacillariophyta – golden green algae .

ان المجموعتين الاخيرتين يعدان اقل غزارة من الناحية العددية . ان كثافة اعداد الطحالب الخضراء المزرقة في حقول الرز هي حوالي 43.000 لكل غم تربة وان الجنس الاكثر شيوعا هما *Nastoc* , *Anabaena* ويقومان بتثبيت النيتروجين الجوي كما يمكن استعمالهما كسماد حيوي .

حيوانات التربة Soil Fauna

تتضمن حيوانات التربة ديدان الارض والنمل والحفارات وغيرها . تستهلك هذه الكائنات بقايا النباتات وتساعد في تحلل المواد العضوية البروتوزوا والنيمادتودا هما من مجموعة الحيوانات الدقيقة (microfauna) اذ تتغذى البروتوزوا على البكتريا والاكتينومايسيسز . بعض انواع النيماتودا تتطفل على نباتات المحاصيل وبعضها يعيش على المواد العضوية .

تاثير احياء التربة على بيئة التربة

Influence of Soil Organisms on Soil Environment

الانزيمات Enzyme

تقوم الكائنات الحية الدقيقة بافراز عدد من الانزيمات مثل انزيم اليوريز (urease) والسلفاتيز (sulphatase) والفوسفوتيز (Phosphotase) والسليلوليز (cellulase) والاميليز (amylase) والبروتينيز (proteinase) وهذه الانزيمات ينتفع بها لتحطيم المركبات المعقدة الموجودة في المتبقيات النباتية . ومن جهة اخرى فان بعضا من هذه الانزيمات لا تستعمل حالا اومباشرة وانما تمتز على معقد الطين وتستعمل في مراحل لاحقة .

تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation

يشكل النيتروجين نسبة 78% من هواء الغلاف الجوي وان بعضا من الاحياء النباتية الدقيقة و الكبيرة (micro and macro flora) قادرة على تثبيت النيتروجين تثبيت النيتروجين تعد عملية ذات اهمية قصوى في الزراعة وبيئة النبات ، النيتروجين الذي يثبت بوساطة الاحياء الدقيقة يقدر بحوالي 190 طن متري لكل هكتار بينما التثبيت الصناعي حوالي 50 طن متري . ان بعضا من الكائنات التي تعمل على تثبيت النيتروجين ترافق النباتات الراقية وتسمى مثبتات النيتروجين التكافلية .كما ان هناك بعضا من الكائنات الحية الحرة قادرة على تثبيت النيتروجين وتسمى مثبتات النيتروجين لا تكافلية .

تثبيت النيتروجين التكافلي Symbiotic Nitrogen Fixation

البكتريا التي تنتمي الى جنس *Rhizobium* تعمل على اصابة جذور البقوليات اذ تحصل البكتريا على الماء والكاربوهيدرات من النبات البقولي وتقوم بتثبيت النيتروجين الجوي وتجهزه الى النبات العائل هكذا فان النبات البقولي والبكتريا ينتفعان من هذه الشراكة .

تعد الرايزوبيوم بكتريا رمية التغذية هوائية تعيش في التربة وان الحيط الجذري للبقوليات يعمل على تحفيز نمو الرايزوبيوم التي تقوم باصابة البذور مكونة عقد وان عقد جذور البقوليات تكون قطرها (2 – 3 ملم) وهي ذات شكل عصوي مغزلي وتتشكل على الجذور . ان الرايزوبيوم الموجود في عقد الجذور تعرف البكتيرويد (bacteroids) وان كل خلية من خلايا العائل تحوي على بكتيرويدات عدة لذا فان البكتريا تكون هوائية وان انزيم النيتروجينيز (nitrogenase) يعمل بغياب الاوكسجين فقط . خلايا العائل التي تحوي على باكتيرويدز (bacteroids) تنتج بروتين بلون الشوندر يسمى ليكهيموكلوبين (leghaemoglobin) ويؤدي وظيفة

تشبه تلك التي يؤديها الهيموكلوبين في اللبائن اذ ان له ميل للاوكسجين وحتى في حالة وجود مستويات منخفضة جدا من الاوكسجين حول خلايا العائل فانه يعمل على امتصاصها اذ يعمل على تحرير الاوكسجين الى البكتيرويدز ببطئ الى ان تتوفر كميات كافية . يحوي البكتيرويدز انزيمات الاوكسيديز التي لها ميل كبير الى الاوكسجين والانتفاع بكفاءة وبشكل كامل وحتى بالمستويات المنخفضة . ان فعالية العقد يمكن رؤيتها من خلال فتحها ، فالعقد الفعالة تحوي على اليهموكلوبين عندما تتعرض للاوكسجين وتميل الى اللون الوردي . في البكتيرويدز فان النيتروجين يختزل الى امونيوم (NH_4^+) بوجود انزيم النيتروجينيز ويتحرك ايون الامونيوم خارج البكتيرويدز الى خلايا العائل وعندها يتحول الى الاسبارجين ويتحرك خلال خلايا القشرة وبعدها خلال اوعية الخشب لتصل الى الاوراق وهناك يتم تمثيلها او يعاد تحريكها وخلطها . ان النيتروجين الذي تثبته البقوليات يرتشح الى التربة بهيئة حامض اميني .هكذا في نظام الزراعة المتداخلة للحشائش – البقوليات فان الحشائش ستنتفع من النيتروجين الذي تجهزه البقوليات.

النيتروجين الذي تثبته الرايزوبيوم يتاثر بالخصائص الكيميائية لمحيط التربة . يقل تثبيت النيتروجين او ينعدم اذا ما انخفضت درجة تفاعل التربة الى اقل من 5 . المحتوى العالي للتربة من النيتروجين والفسفور القليل يعملان على تقليل تثبيت النيتروجين .

الرايزوبيوم بكتريا هوائية لذا فان تغدق التربة يؤدي الى تكوين عقد غير فعالة . اوراق البقوليات تصبح صفراء بعد تغدق مؤقت وذلك لان امداد النيتروجين لها سيقل او يتوقف نتيجة لموت الرايزوبيوم .

تختلف كمية النيتروجين التي تثبت بوساطة الرايزوبيوم وذلك اعتمادا على النبات والظروف البيئية المحيطة وهي تتراوح بين 20 كغم / هكتار مع الماش الاخضر الى اكثر من 250 كغم / هكتار مع العدس . هناك بعض انواع

الاكيتينومايسيز يمكن ان تثبت النيتروجين على نباتات غير بقولية *Causurina alder* تعيش مرافقة للكازورينا وتقوم بتثبيت النيتروجين الجوي .

تثبيت النيتروجين غير التكافلي Non-symbiotic Nitrogen Fixation

بعض البكتريا التي تعيش بصورة حرة قادرة على تثبيت النيتروجين الجوي وبعض من تلك الانواع هي *Clostridium pastourianum* , *Azobacter vinefandi* , *Azobacter chroccum* , وتعد الازوبكتر (azobacter) رمية التغذية كما انها حساسة لحموضة التربة . تتراوح درجة التفاعل المثالية للازوبكتر بين 6.5 الى 8.0 . كما ان *Clostridium* هي بكتريا هوائية ويمكنها العيش في مدى واسع من درجة التفاعل (5 - 9) وهي تثبت نيتروجين اقل من الازوبكتر اما *Azospirillum* فهي تتواجد في المحيط الجذري لنباتات الحشائش وتقوم بتثبيت النيتروجين الجوي . جنس *Rhodospirillum* هي بكتريا لا هوائية وتقوم بالتمثيل الضوئي وقادرة على تثبيت النيتروجين الجوي . انواع عدة (حوالي 40 نوع) من جنس *Nostoc* , *Anabaena* تعد كائنات حية مهمة لتثبيت النيتروجين في الطحالب الخضراء المزرقة .

المادة العضوية للتربة Soil Organic Matter

تعد المادة العضوية للتربة احد مكونات النظام البيئي اذ لها فعل في الزراعة والبيئة المحيطة . تتاثر المادة العضوية للتربة بادارة التربة والنظام المحصولي . المادة العضوية للتربة تنخفض بنسبة 22% عندما يتم تحويل اراضي الحشائش الى اراضي زراعية ذلك بعد 14 سنة . على اية حال فان الاضافة المستمرة للاسمدة النيتروجينية تؤدي الى استقرار المادة العضوية للتربة مع الوقت . البقوليات في النظام المحصولي

تعمل على زيادة محتوى التربة من المادة العضوية ذلك يعود الى الكمية الكبيرة من المتبقيات النباتية للبقوليات كما ان الحراثة القليلة وعدم الحراثة يزيدان من كمية المادة العضوية في التربة . ان المعدل المتبقي او الاضافة ولعمق متر واحد من مقد التربة في نظام حقلي للبقوليات تحت عدم الحراثة ومع اضافة منتظمة للنيتروجين ذلك في الاراضي شبه الاستوائية الرطبة .

هذا اثبات جيد على ان اكثر من 90% من النيتروجين الذي يتواجد في الطبقات السطحية للترب يكون بصورة عضوية وان النيتروجين العضوي في التربة يمكن ان يقسم الى مجموعتين هما :-

1- المتبقيات العضوية وتشتمل على النباتات غير المتفسخة والمتبقيات الحيوانية والنواتج المتحللة جزئيا .
2- المادة العضوية للتربة او الدبال ويتضمن الدبال المواد غير المتدبلة او المواد الواضحة كيميائيا اي التي يمكن تمييزها مثل الاحماض الامينية ، الكاربوهيدرات ، الاحماض النووية وغيرها والمواد الدبالية ذات الاوزان الجزيئية العالية والمواد غير البلورية والمواد المتطايرة جزئيا وكل هذه تكون نتيجة التفاعلات الثانوية .

ان اهمية الدبال التي تاتي في سياق استدامة وتحسين خصوبة التربة قد وضحت بشكل واسع ويمكن ان تعزى الى التاثير الايجابي للدبال في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والاحيائية للتربة .

تؤدي المادة العضوية دورا مفتاحيا مهما في الوظائف البيئية للتربة كما يمكن اعتبارها كمصب مهم لغاز ثاني اوكسيد الكاربون على المستوى العام جزء من بقايا المحصول (الجذور والاجزاء الخضرية) تترك في الحقل بعد الحصاد كما ان الكاربون والنيتروجين يتحرران كذلك بوساطة جذور النباتات الى التربة خلال عمليات نمو النبات ويخضعان لعمليات تحول عدة . اكثر من 20% من الكاربون المثبت

بوساطة التركيب الضوئي يتم اطلاقه الى التربة خلال مدة نمو النبات والنسبة الكبرى من تلك المواد المتوالدة عن الجذور يتم تنفسها من قبل الاحياء الدقيقة (64 – 68 %) ان حوالي 2 – 5 % من صافي تمثيل الكاربون يتم الاحتفاظ به بالتربة . الافرازات الجذرية للذرة الصفراء تذوب بشكل رئيسي في الماء (حوالي 79%) وبهذا الجزء فان (64% كاربوهيدرات – 22% احماض امينية – 14% احماض عضوية التي يمكن تمييزها) المركبات التي يتم افرازها تستقر بسرعة بصيغ غير ذائبة بالماء التي من الافضل ان ترتبط بالجزء الطيني من التربة . ان ربط افرازات الجذور بدقائق التربة تعمل كذلك على تحسين تركيب التربة وذلك بزيادة استقرارية تجمعات الدقائق .

تحولات المغذيات Transformation of Nutrients

تمعدن المادة العضوية Mineralization of Organic Matter

تقوم انواع البكتريا المختلفة بعمليات تحطيم للمادة العضوية المعقدة الى صيغة معدنية للمغذيات وخلال هذه العملية فان S , K , P , N وعدد ن المغذيات الصغرى تصبح جاهزة للنبات .

تحولات النيتروجين Nitrogen Transformation

ان المصدر الرئيسي للنيتروجين هو الغلاف الجوي والمصدر الاخر والمهم هو المادة العضوية في التربة . تحوي المواد النباتية على مركبات نيتروجينية و لا نيتروجينية . المركبات النيتروجينية هي الاحماض الامينية والسكريات الامينية والبروتينات النووية والاحماض النووية والاميدات والبيورينات والبيريميينز والالكولايدات وغيرها . اما المركبات اللانيتروجينية فهي السيليلوز والهيموسيليلوز والنشأ والسكر والاصماغ واللكنينات والتانينات والدهون والزيوت والاشماع

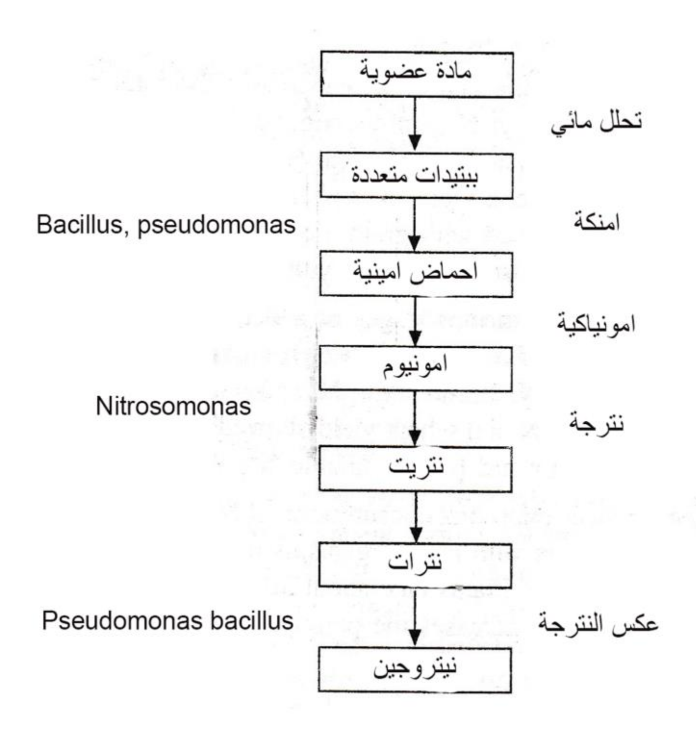
والراتنجات والصبغات ومن بين تلك فان السليلوز والهيموسليلوز هما الاكثر غزارة ويكونان 30 الى 60 % من المادة الجافة . جدول (11.5) .

يتحلل السليلوز والهيموسليلوز بوساطة البكتريا المحللة للسليلوز مثل *Cytophaga* , *Sporocytophaga* , *Angiococus Polyangium* . هذه البكتريا تقوم بافراز انزيم السليلوليز (cellulases) الذي يقوم بتحويل السيليلوز الى سكريات احادية وثنائية . البكتريا الاهوائية التي تعود الى جنس *Clostridium* تقوم بتحليل السيليلوز .

جدول 11.5. تركيب النبات

المركب	النسبة (%)
السيليلوز	30 – 20
الهيميسليلوز	30 – 10
اللكنينات	30 – 10
البروتينات	15 – 1
الدهون والشموع	8 – 1

البروتين الموجود في المادة العضوية يتحلل مائيا الى ببتيدات متعددة التي تتكسر فيما بعد الى احماض امينية بوساطة نشاط بكتريا *Bacillus* والـ *Pseudomonas* (شكل 7.5) كما ان الاحماض الامينية تتكسر كذلك الى امونيوم من خلال عملية تعرف الامونياكة (ammonification) والامونيوم المتحررة يتم مهاجمتها من قبل *Nitrosomonas* لتنتج النترات في نهاية الامر .



شكل 7.5 .مخطط يوضح الاحياء الدقيقة التي تساهم في عملية تمعدن النيتروجين

اجزاء النتروجين Nitrogen Fractions

ان وجود الصورة العضوية من النيتروجين غير الذائب في مياه المطر والبزل كانت معروفة منذ سنين عدة الا انها بشكل عام لم تكن ذات قيمة جوهرية نسبة الى النيتروجين الزراعي في التربة . النيتروجين العضوي الذائب يكون بنفس مقدار النيتروجين المعدني ويساويه في الحجم في حالات عدة و 20 – 30 كغم N / هكتار موجودة بمدى واسع في ترب الاراضي القابلة للزراعة بالمحاصيل الحقلية وهي متحركة (ليست ثابتة) بوساطة التمعدن والغسل والتطاير والاخذ من قبل النبات وبالطريقة نفسها التي يؤخذ بها النيتروجين المعدني الا ان حجم تجمعها يكون اكثر ثباتية مقارنة بالنيتروجين المعدني . ان نسبة جوهرية من النيتروجين العضوي غير

الذائب يتم غسلها الا انها تضم حوالي 1 / 10 من النيتروجين العضوي الذائب والذي يتم استنفاده من التربة نفسها.

استعمال السماد العضوي مع اليوريا سوية سوف يزيد من النيتروجين المتحلل بالماء واجزئه الاخرى مثل النيتروجين الامونياكي المتحلل بالماء ونيتروجين السكر الاميني ونيتروجين الاحماض الامينية . لقد لوحظت علاقة جوهرية للنيتروجين الامونياكي المتحلل بالماء والنيتروجين الجاهز مع حاصل البذور لفول الصويا ، النيتروجين الامونياكي المتحلل مائيا ونيتروجين السكر الاميني ونيتروجين الاحماض الامينية ارتبطت جوهريا كذلك مع حاصل الحبوب للذرة الصفراء وكذلك وجد هناك علاقة جوهرية لنيتروجين الاحماض الامينية والنيتروجين غير المتبادل مع الحنطة .

ان جزء النيتروجين العضوي يتغير وفق مراحل تطور تطور نباتات الرز والذرة من خلال اضافة السماد العضوي والاسمدة الكيميائية . اضافة النيتروجين له علاقة وثيقة بمصادر ومستويات الزيادات التي تحصل من النيتروجين المتحلل مائيا . لقد اظهرت دراسة الارتباط بين اجزاء النيتروجين المختلفة وحاصل الحنطة ان النيتروجين المتحلل مائيا ونيتروجين الاحماض الامينية ونيتروجين السكر الاميني شاركت باتجاه الجاهزية التجميعية للنيتروجين (available N Pool) .

ان وجود الجذور سوف يقلل من استهلاك الاحياء الدقيقة للامونيوم (NH_4^+) من قبل البكتريا النيتروجينية الرمية التغذية . جذور الصنوبر تعد منافسا جيدا للاحياء الدقيقة تحت ظروف المستويات القليلة من النيتروجين اللاعضوي ولكن تكون تلك المنافسة اكثر في حالة كون مصدر النيتروجين عبارة عن نترات (NO_3^-) .

تاخذ النباتات حوالي 30% من الامونيوم الكلية وحوالي 70% من النترات الاسمدة الكيميائية التي تضاف تعمل على زيادة افراد *Nitrosomonas* , *Azobacter* , *Nitrobacter* .

تتغذى الاحياء الرمية على الكاربون العضوي ذلك للحصول على الطاقة بينما تمعدن البروتين وجزء من النيتروجين المعدني يتم الانتفاع منهما من قبل تلك الاحياء الدقيقة لبناء انسجتها .

المواد مثل تبن الحنطة وبقايا الذرة الصفراء والدخن تحتوي على نسب عالية من النيتروجين والكاربون (C : N) ولكون كمية الكاربون الجاهزة كافية فان البكتريا تتضاعف مستعملة النيتروجين المعدني . النيتروجين من المتبقيات النباتية ينتهي به المطاف كبروتين في الاحياء الدقيقة وان الصيغة الجاهزة للنيتروجين لا يتم تحريرها الى التربة وهكذا فان ارتفاعا مؤقتا بالنيتروجين سيحصل بعد موت تلك الاحياء وتحللها كما ان نسبة كبيرة من نيتروجين السماد المضاف تستهلكه احياء التربة الدقيقة الذي يكون اكثر بمقدار 4 – 5 مرات اكبر من ذلك الذي يتجمع في مصب المادة الحيوية للنبات .

التهوية مهمة جدا لعملية النترجة وذلك لان البكتريا التي تقوم بها هي بكتريا هوائية كما ان النترجة تتوقف في درجة تفاعل (pH) تحت 5 . وان درجة التفاعل المثالية لعملية النترجة تتراوح بين 6.5 الى 7.5 ودرجة الحرارة المثالية للنترجة هي 30 الى 35 م^0 . انزيم النايتريز تتم مهاجمته من قبل بكتريا عكس النترجة لنقل النيتروجين المعدني وتبدو هذه العملية فيها ضائعات من الناحية الزراعية الا انها ذات اهمية كبيرة في استدامة دورة النيتروجين ضمن النظام البيئي للمحافظة على مستويات ثابتة للنيتروجين في الغلاف الجوي . وتعد بكتريا *Bacillus , Pseudomonas* الاكثر اهمية في عملية عكس النترجة وهما بكتريا هوائية لكن عملية عكس النترجة تكون اكثر تحت الظروف اللاهوائية .

تحولات الفسفور Phosphorous Transformation

المركبات الفسفورية العضوية للمادة العضوية هي الفايتين (phytin) والفوسفولبيدات (phospholipids) والبروتينات النووية (nucleoprotein) والاحماض النووية (nucleic acid) والسكريات المفسفرة (phosphorylated sugar) ، مساعدات الانزيمات (coenzymes) وغيرها تقوم البكتريا والفطريات والاكتينومايستس بفعلها على تلك المواد ذلك بافراز انزيم الفوسفوتيز لتحطمها الى مركبات بسيطة . ان النسبة المثالية لـ C : N : P هي 1 : 10 : 100 واذا كانت نسبة C : P اكثر من 1 : 100 فان حركة للفسفور سوف تحصل .

تحولات الكبريت Sulphur Transformation

تحوي المتبقيات النباتية على كبريت في صورة بروتينات واحماض امينية وفيتامينات . ان تمعدن تلك المواد يؤدي الى تحرر الكبريتات . ان نسبة C : S هي 1 : 50 تعد حرجة . تحلل المواد النباتية باكبر من نسبة C : S فانها تسبب الى حركة الكبريت . في الظروف اللاهوائية فان الكبريتات تختزل الى كبريتيد الهيدروجين (H_2S) بفعل *Desulfovibro SPP.* . كبريتيد الهيدروجين غازا ساما للمحاصيل وعندما يضاف الكبريت المعدني الى التربة فانه يتحول الى كبريتات بفعل بكتريا *Thiobacillus SPP.* .

تحولات المغذيات الاخرى Transformation of other Nutrients

تمعدن المادة العضوية يحرر البوتاسيوم من المادة العضوية . بعض انواع البكتريا والفطريات قادرة لتقوم بفعلها على الالمينوسيلكات محررة البوتاسيوم . الحديد الموجود في المادة العضوية يتحرر اثناء عملية تمعدن المادة العضوية بفعل البكتريا . البكتريا المؤكسدة للمنغنيز تعمل من المنغيز بان يكون غير جاهز للنبات .

تحطيم الكيميائيات السامة Degradation of Toxic Chemicals

هناك كيميائيات سامة مثل المبيدات الحشرية والفطرية ومبيدات الاعشاب التي ترش على المحاصيل فانها تصل الى التربة كما ان النبات هو الاخر يفرز ويحرر مواد كيميائية مثبطة (allelopathic chemicals) الى التربة لذا فان تجمع تلك المواد يسبب خطرا جدير بالاهتمام للمحاصيل . الاحياء الدقيقة تقوم بفعلها على تلك المواد لتحطمها وتحولها الى مركبات بسيطة .

تحوير المحيط الاحيائي

Modification of Biological Environment

طريقة الحياة هي شكل او صيغة تعتمد بيئيا على كائنات حية التي يجب ان تحور المحيط البيئي قبل غيرها لتعيش فيه . النظام البيئي للتربة يتحور بوساطة طرائق الحياة وتكرار الحيوية (الكائنات المعمرة) التي تعتمدها الكائنات الحية فيه ذلك لخلق مواطن بيئية او تجهيز الموارد التي تعتمد عليها الكائنات الحية المتكيفة لتقود بالاخر الى التنوع وهكذا فان التنوع الاحيائي في التربة وقابليتها الوظيفية ربما الى حد كبير تكون كنتيجة معتمدة على النشاطات الحيوية وتاثيراتها فعلى سبيل المثال النشاط الاحيائي في النظام البيئي للتربة تكون النباتات مصدرا للاوكسجين الذي تحتاجه احياء التربة فالمحللات تستفد اوكسجين التربة وهكذا تساعد على نمو الاحياء الدقيقة الهوائية واللاهوائية . تحرر الامونيوم بوساطة بكتريا عكس الامنكة (deamination) لتدعم به نمو مؤكسدات الامونيوم ذاتية التغذية وحفريات ديدان الارض تعمل على تحسين بزل التربة وتشجيع التهوية المهمة للاحياء فيها ، كما ان ازاحة التسمم الذي تسببه المتبقيات النباتية بوساطة المحللات الاحيائية يسمح بتكاثر وانتشار الاحياء الحساسة للسموم ، تفسخ الخشب يساعد في ايجاد مواطن بيئية للافقريات التي ترافق الخشب

الجذري ، اللافقريات التي تقوم بتفتيت النفايات النباتية تحرر المغذيات التي تدعم نشاطات الاحياء الدقيقة .

المحيط الاحيائي للتربة يمكن تحويره بوساطة الممارسات الزراعية وذلك لخلق محيط بيئي مناسب لنمو نباتات المحاصيل . الحراثة تهلهل التربة وتعمل على خلط المتبقيات النباتية بالتربة وهكذا تزداد تهويتها ومحتواها من المدة العضوية ونتيجة لذلك فان اعداد الاحياء الدقيقة ستزداد ويزداد تحرر المغذيات كذلك نتيجة لسرعة تمعدنها . الكيميائيات السامة مثل مبيدات الاعشاب ومثبطات النمو الكيميائية تكسر بسرعة اعلى في ظروف التهوية الجيدة . الري يعمل على زيادة رطوبة التربة فتزداد تبعا لذلك اعداد الاحياء الدقيقة اضافة المصلحات الى التربة هي الاخرى تعمل على تغيير درجة تفاعل التربة باتجاه التعادل وهي الدرجة المفضلة لزيادة اعداد الاحياء الدقيقة . اضافة الدمن العضوي الى التربة يزيد من مجموعة النباتات الدقيقة (microflora) الرمية التغذية .

المخلفات الزيتية لفستق الحقل تعمل على زيادة اعداد النيماتودا التي تقتنص الفطريات . اضافة الاسمدة النيتروجينية تقلل من اعداد البكتريا وتزيد من اعداد الاكتينومايستس والفطريات . الاسمدة الفوسفاتية تزيد من اعداد البكتريا المثبتة للنيتروجين بينما تقلل الاسمدة النيتروجينية اعدادها .

الفصل السادس

الحراثة وتحضير التربة

TILLAGE AND LAND PREPARATION

الحراثة Tillage

الحراثة قديمة قدم الزراعة اذ استعمل الانسان البدائي عملية بعثرة (اثارة) التربة لوضع البذور فيها . يعد Jethro Tull ابو الحراثة هو الذي اقترح نظرية ان النباتات تمدص الدقائق الصغيرة من التربة ، لذلك اكد ان الحراثة الشاملة والعمليات الاخرى مهمة لجعل التربة ذات دقائق ناعمة . على الرغم من ان تلك النظرية غير صحيحة ، فان عمليات الحراثة تطبق لتهيئة مهد ناعم لزراعة بذور المحاصيل .

بعد حصاد المحصول ، التربة تصبح صلبة ومتراصة ، بسبب سقوط قطرات المطر كذلك الري والجفاف الذي يعقبه ، وحركة الات تنفيذ العمليات الزراعية التي تسبب انضغاط التربة . كما ان الحقل يحتوي على اعشاب كثيرة بعد حصاد المحصول تحتاج البذور الى تربة هشة حاوية على هواء وماء كافيين لانبات جيد . التربة يجب ان تكون خالية من الاعشاب لتجنب المنافسة مع المحصول اللاحق كما يجب ان يكون الحقل خالي من بقايا المحصول لتسهيل حركة المكائن والالات التي تتطلبها الزراعة . الحراثة استغلال فيزيائي للتربة مع ادوات والات الحصول على اثارة جيدة للتربة للحصول على افضل انبات ونمو لاحق للمحصول . الاثارة حالة فيزيائية للتربة كنتيجة لعملية الحراثة .

خصائص الحراثة الجيدة Characteristics of Good Tilth

تؤثر الحراثة في اثنين من خصائص التربة الاولى هي توزيع تجمعات الدقائق والثانية طراوة وتفتيت التربة . ان النسب المتقاربة لتجمعات دقائق التربة المختلفة

الاحجام تعرف بالتوزيع الحجمي لتجمعات دقائق التربة . النسية العالية من الدقائق الكبيرة (قطرها اكبر من 5 ملم) تكون ضرورية للري الزراعي بينما النسبة العالية من تجمعات الدقائق الصغيرة (قطرها 1 – 2 ملم) . وتكون ملائمة لزراعة الاراضي الجافة .

ان التوزيع الحجمي لتجمع الدقائق يعتمد على نوع التربة ومحتواها الرطوبي (الذي نفذت فيه الحراثة) وعلى العمليات الزراعية اللاحقة . الليونة والتفتيت لمكونات التربة عندما تكون كتل الترب جافة تصبح مفتتة اكثر . التربة مع الحراثة الجيدة تكون مسامية جيدة وتملك قابلية جيدة لحرية حركة الماء من خلالها . المسامات الشعرية والمسامات غير الشعرية يجب ان يكونا متساويين بنسبتيهما في التربة ما يجعل التربة تحجز كمية كافية من الماء مع هواء حر .

اهداف الحراثة Objectives of Tillage

هناك اهداف عدة للحراثة وان الاكثر اهمية هو اعداد مهد مناسب للبذور ومكافحة الادغال والحفاظ على التربة والمياه . اما الاهداف الاخرى فهو تحسين تركيب ونفاذية وتهوية التربة وتسهيل اختراق الجذور والقضاء على الحشرات وقلب التربة .... الخ .

ان المهد الجيد للبذور يعد ضروريا لانبات مبكر للبذور والبزوغ والبدء بتاسيس (بانشاء قيام stand) جيد للمحصول . مهد البذور يجب ان يكون ناعم بالنسبة للبذور الصغيرة للمحاصيل ومتوسط بالنسبة للبذور الكبيرة. ان الترابط الجيد بين دقائق التربة يكون ضروري لحركة الماء لتحقيق انبات وبزوغ سريعين .

مكافحة الادغال هدف مهم للحراثة كما ان الحراثة المناسبة للتربة ينتج عنها حفظ ماء التربة من خلال نفاذية اعلى وتقليل الجريان السطحي وزيادة عمق الخزين الرطوبي . عندما يتم حراثة التربة المتراصة تصبح مهلهلة مما يساعدها على مسك كمية كبيرة

من الماء . ازالة الطبقة الصماء يزيد عمق التربة لامدصاص الماء. ان خشونة سطح التربة وعمل اخاديد وسدود يعمل على تقليل سرعة جريان الماء مما يتيح مجالا للماء للتغلغل الى اعماق التربة .

الحراثة العميقة في الصيف يحسن تركيب التربة نتيجة تعرضها الى تناوب الجفاف والرطوبة . الحراثة عندما تكون الرطوبة غير مناسبة تسبب اضرارا لتركيب التربة وتسمح بتكون طبقة صماء . نفاذية التربة تزداد بوساطة تكسير الطبقات المتراصة . الحراثة تحسن تهوية التربة مما يساعد في تضاعف اعداد الاحياء الدقيقة وتحلل المادة العضوية وينتج عنها جاهزية اعلى للعناصر الغذائية . زيادة تهوية التربة تساعد كذلك على تحطيم المتبقي من مبيدات الادغال والحشرات واضرار المركبات الكيميائية التضادية (الاليلوباثية) التي تفرزها جذور المحاصيل والادغال السابقة . الجذور تحتل فقط عشر كتلة التربة لذا فان الحراثة يكون تاثيرها محدودا على نمو الجذور و على اية حال فان تكسير الطبقات الصماء والمتراصة يزيد من اختراق و تعمق الجذور. فضلا عن نمو الجذور يزداد دون عوائق عند تقليل المقاومة الميكانيكية للتربة وقوتها . كما ان انتشار الجذور يزداد بغزارة في الترب المفككة .

لقد وجد ان زيادة مقاومة التربة الميكانيكية بمقدار 0.5 بار يقلل من نمو جذور الشعير بنسبة 50% . تطور جذور الحنطة والحمص والسلجم والكتان والعصفر وزهرة الشمس .... الخ . ينخفض عند زراعة هذه المحاصيل في اراضي غير محروثة . نمو الجذور الاولية والثانوية لهذه المحاصيل ينخفض بسبب المقاومة الميكانيكية العالية للتربة غير المحروثة والمتراصة لذلك فان خلخلة التربة يعد ضروريا لنمو افضل للمحاصيل .

العديد من الافات الحشرية تبقى ساكنة اثناء الطور الانتقالي وذلك في طبقات التربة القريبة من السطح وهو مشهد مألوف خلال العمليات التحضيرية للزراعة فتصبح مكشوفة نتيجة تدمير انفاق اليرقات مما يجعلها تتعرض للالتقاط من قبل

الغربان والطيور الاخرى . ان القش والمخلفات الناتجة عن متبقيات الحصاد على الارض تكون مأوى للحشرات وان الحراثة تعمل على تقليل اعدادها بهدف انجاح زراعة المحصول .

متبقيات المحصول والمخلفات الحيوانية الحقلية يتم خلطها مع التربة عن طريق عملية قلب التربة عند الحراثة . تتحلل هذه المواد بسرعة عندما تدمج مع التربة . مبيدات الادغال والاسمدة هي الاخرى تخلط وتدمج مع دقائق التربة لتقليل الفقد بالتطاير . الحراثة تسهل العمليات الحقلية لادارة المحصول من زراعة البذور والري واضافة الاسمدة وعزق الادغال وغيرها

تأثير الحراثة في الخصائص الفيزيائية للتربة

Influence of Tillage on Soil Physical Properties

تؤثر الحراثة في خصائص التربة الفيزيائية مثل حجم المسامات والتركيب والكثافة الظاهرية والمحتوى الرطوبي واللون . تأثيرات الحراثة هذه ربما تفقد بعد حوالي شهر من الحراثة لذا فان عمليات الحراثة لها تأثيرات كبيرة على انبات البذور وبزوغ البادرات ولتأسيس الحقلي للبادرات .

مساحة المسام Pore Space

تتكون التربة من دقائق مختلفة الحجوم . الهواء يملا الفراغات بين هذه الدقائق مكونا الفراغات المسامية . بعدما تحرث تربة الحقل فان دقائق التربة تصبح فضفاضة او متباعدة نسبيا بشكل عشوائي مما يزيد من مساحة المسامات للتربة . ان حراثة التربة بشكل جيد ، فان نسبتي المسامات الشعرية وغير الشعرية يكونا بشكل عام متساويتين . هذه التسهيلات التي تقدمها الحراثة تعمل على حرية حركة الهواء والماء في التربة مما يزيد من نفاذيتها .

تركيب التربة Soil Structure

التربـة المفتتـة ذات الحبيبـات التكتليـة تعد تربـة ذات بنـاء جيد . عنـدما تتعـرض التربة للحراثة وهـي ذات رطوبـة مثاليـة فـان بنـاء التربـة المتفتت سيتطور ولـذلك فـان تكـون عرضـه للتعريـة. ميـاه الامطـار يـتم حجزهـا فـي المسـامات الكبيـرة بـين الـدقائق وكذلك في المسامات الدقيقة لتجمعات الدقائق . تعد دقائق التربة ذات الحجم من 1 – 5 ملم ملائمة لنمو النباتات . تجمعات الدقائق الاصغر تعمل على سد المسامات اما الاكبر فانها تؤدي الى تكون مسامات كبيرة بينها مما يؤثر في تطور الجذور للبـادرات الحديثـة تركيب التربة يتحطم عندما تجرى الحراثة وهي في رطوبة غير ملائمة .

الكثافة الظاهرية Bulk Density

تنعيم التربة يعمل في زيادة حجمها بـدون ان يؤثر فـي وزنـها لـذلك فـان الكثافـة الظاهرية للتربة المحروثة تكون اقل من الترب غير محروثة (جدول 1.6)

جدول 1.6 خصائص التربة قبل وبعد الحراثة

خصائص التربة	تربة رملية Sandy Soils		طينية مزيجية Clay Loam	
	قبل	بعد	قبل	بعد
التوصيل المائي (سم / ساعة)	17.64	22.23	1.91	6.08
الخشونة (سم)	1.15	1.75	1.72	2.77
ماء التربة عند الاشباع (%)	32.00	38.00	40.00	61.00
الكثافة الظاهرية (غم / سم ^{3})	1.42	1.11	1.24	0.80

لون التربة Soil Color

تعد المادة العضوية المسؤول الرئيسي عن اللون البني الغامق الى الرمادي الداكن للتربة . الحراثة تزيد من عمليات الاكسدة والتحلل مما ينتج عنه بهوت اللون .

ماء التربة Soil Water

تعمل الحراثة على تحسين ماء التربة بطرق عدة . تعتمد كمية ماء التربة الجاهز على مسامية التربة وعمق التربة والخشونة العشوائية لسطح التربة (عدم الاستواء) . كل هذه الخصائص تزداد بوساطة الحراثة . تقاس الخشونة بالارتفاعات الصغيرة والانخفاضات التي تتسبب بوساطة المروز والثنيات والتكتل والانخفاضات . الخشونة العشوائية تشير الى الارتفاعات والانخفاضات للحقل بدون النمط الذي يحدث بعد الحراثة . انها تؤثر في حجم سطح التربة الخازن للايونات او الخزن المؤقت للامطار . الحراثة تعمل كذلك على زيادة النفاذية ومقدرة التربة على مسك الماء والتوصيل المائي (جدول 1.6) .

درجة حرارة التربة Soil Temperature

الحراثة تجعل حرارة التربة مثالية لانبات البذور وتاسيس البادرات . الحراثة تفكك سطح التربة ماينتج عنه خفض التوصيل الحراري والقابلية او السعة الحرارية .

انواع الحراثة Types of Tillage

تقسم الحراثة الى نوعين على اساس الوقت (مع الرجوع الى المحصول) الذي تنفذ به الحراثة اذ ان هناك الفلاحة التحضيرية (preparatory cultivation) للحقل التي تنفذ قبل زراعة المحصول وهناك عمليات تنفذ بعد زراعة المحصول في الحقل (cultivation after sowing) .

الفلاحة التحضيرية Preparatory Cultivation

عمليات الحراثة التي تنفذ من وقت حصاد المحصول الى زراعة المحصول اللاحق تعرف على انها عمليات فلاحة تحضيرية . عمليات الفلاحة التي تنفذ في اية ارض صالحة لزراعة المحاصيل ذلك لتهيئة بيئة مناسبة لبذرة المحصول تعرف على انها عمليات فلاحية تحضيرية وعموما فان عمليات الفلاحة التحضيرية وتهيئة مهد مناسب للبذور يستعملان بالترادف وتتضمن عمليات الفلاحة التحضيرية ثلاث عمليات هي الحراثة الاولية Primary Tillage والحراثة الثانوية Secondary Tillage وترتيب مهد البذور Seed Bed Arrangement .

الحراثة الاولية Primary Tillage

الحراثة هي فج الترب المتراصة بمساعدة المحاريث المختلفة . تنفذ الحراثة عادة لفج الترب الصلبة ويجب التاكيد على اجراء الحراثة المتعامدة (عندما تكون هناك ضرورة) لازالة الادغال وبقايا المحصول السابق والحصول على اقل مايمكن من الكتل الكبيرة .

الوقت المثالي لتنفيذ الحراثة الاولية

Optimum Time of Pluoghing

يعتمد وقت تنفيذ الحراثة على نسبة رطوبة التربة . عندما تكون التربة جافة فمن الصعوبة فج التربة بالمحراث اذ تحتاج الى طاقة اكبر وينتج عن تلك الحراثة تكون كتل ترابية كبيرة وعندما تحرث التربة تحت محتوى رطوبي عالي فان الترب ستلتصق بالمحراث كما ان الطبقة تحت العجلات والمحراث ستتعرض للانضغاط وعندما تجف تصبح طبقة صماء (hard pan) وحراثة التربة وهي ذات محتوى

محتوى رطوبي عالي تسبب تحطيم تركيب تلك التربة والكتل الطينية التي تتكون و تجف بعد ذلك تصبح صلبة جدا . ان الرطوبة المثالية لاجراء الحراثة عند استنفاذ 25 الى 50 % من الرطوبة الجاهزة من التربة . الترب الخفيفة يمكن حراثتها تحت مدى واسع من المحتوى الرطوبي . الترب الثقيلة يكون فيها المدى الرطوبي لتنفيذ الحراثة ضيق جدا .

عمق الحراثة Depth of Ploughing

يعتمد عمق الحراثة بشكل رئيس على عمق الجذور الفعالة للمحصول وعموما فان المحاصيل ذات الجذور الوتدية زهرة الشمس ، القطن ، فول الصويا وغيرها تحتاج الى حراثة اعمق من المحاصيل ذات الجذور الليفية كالحبوبيات ، المحاصيل ذات الجذور الضحلة تحتاج الى حراثة خفيفة .

عدد مرات الحراثة Number of Ploughings

يعد تكرار الحراثة ضروريا للحصول على اثارة وتهيج جيدان للتربة . يعتمد عدد مرات الحراثة على نوع التربة و وجود الادغال ومتبقيات المحصول السابق على سطح التربة . الترب الثقيلة تحتاج الى عدد حراثات اكثر من الترب الخفيفة ، فهناك ترب تحتاج من 3 – 5 حراثات بينما الترب الخفيفة تحتاج من 1 – 3 حرثات للحصول على اثارة مضبوطة لدقائق التربة. عندما يكون نمو الادغال ومتبقيات المحصول السابق كثيفة فاننا نحتاج الى عدد حرثات اكثر .

اختيار المحراث Selection of Ploughings

يعتمد نوع المحراث الذي نستعمله في الحراثة على الهدف و ظروف التربة وطبيعة مشكلة الادغال ومتبقيات المحصول السابق ونظام الري والخزين الرطوبي وعمق الماء الارضي و وجود الطبقات الصماء .... الخ والجدول (2.6) يوضح انواع المحاريث المناسبة لمختلف الحالات .

جدول 2.6. المحاريث المستعملة للحالات المختلفة

المحراث	الحالة او الهدف من الاستعمال
المحراث المطرحي القلاب Mouldboard	للحراثة العميقة وقلب التربة
المحراث القرصي Disc	قطع التربة والحشائش وقلبها
المحراث الحفار Chisel	قطع التربة والحراثات غير العميقة
المحراث تحت التربة Subsoil	يستعمل لتكسير الطبقات الصماء العميقة

انواع الحراثة الاولية Type of Primary Tillage

اعتمادا على الهدف او الاهمية فان انواع حراثات مختلفة تنفذ فهناك الحراثة العميقة (Deep Tillage) والحراثة تحت التربة (Subsoiling Tillage) والحراثة على مدار السنة (Year – round Tillage) .

الحراثة العميقة Deep Tillage

ان عمق سم واحد من سطح التربة لمساحة هكتار واحد يوزن حوالي 1.5 طن من بعض الترب ولنقوم بحراثة عميقة فعلينا ان نتصور كمية الطاقة المطلوبة . يعتمد استعمال الحراثة العميقة على طبيعة الزراعة ديمية او اروائية وعلى كمية الامطار الساقطة و وقت سقوطها ، فالحراثة تقسم على اساس العمق الى حراثة سطحية (5 – 10 سم) وحراثة متوسطة (15 – 20 سم) وحراثة عميقة (25 – 30 سم) . ينتج عن الحراثة العميقة كتل ترابية كبيرة الحجم والتي تتصلب نتيجة لحرارة الشمس عندما تنفذ في الصيف وهذه الكتل تتفتت نتيجة لتناوب الحرارة والبرودة .

عملية التفتت التدريجي للكتل يعمل على تحسين تركيب التربة ، الرايزومات و درنات الادغال المعمرة (التي تعد مشكلة عالمية) مثل *Cyperus rotundus* , *Cynodon dactylon* فانها تموت نتيجة تعرضها لحرارة الشمس . الحراثة العميقة في الصيف تقتل الافات نتيجة تعرضها لحرارة الشمس .

الحراثة العميقة (عمق 25 – 30 سم) مهمة للمحاصيل ذات الجذور العميقة مثل بعض البقوليات . بينما الحراثة المتوسطة (عمق 15 – 20 سم) مطلوبة للذرة الصفراء .

الحراثة العميقة تحسن كذلك المحتوى الرطوبي للتربة وعلى اية حال فان مزايا الحراثة العميقة تحت ظروف الجفاف تعتمد على نمط الامطار الساقطة والمحصول ، ففي السنوات التي يكون فيها المطر اعتياديا فان حاصلا جيدا يمكن الحصول عليه سواء للمحاصيل ذات مدة النمو القصيرة او الطويلة بينما في حالة كون الامطار اكثر من الاعتيادية فانها تنحصر في المحاصيل ذات مدة النمو الطويلة اما اذا كانت الامطار اقل من الاعتيادية فيتعذر الحصول على الحاصل لذا فان التاثير المتبقي للحراثة العميقة يكون جديا لذا ينصح بالذهاب الى الحراثة العميقة فقط للمحاصيل ذات مدة النمو الطويلة والمتعمقة الجذور وان عمق الحراثة يجب ان يرتبط بكمية الرطوبة المتيسرة

في الترب طيلة مدة نمو المحصول ونمط توزيعها في مقد التربة فضلا عن نمط توزيع المحصول الجذري .

تحت التربة Subsoiling

الطبقات الصماء ربما تكون موجودة في اعماق التربة مما يقيد نمو جذور المحاصيل وربما تكون تلك الطبقات طينية او غرينية او طبقات حديد او المنيوم او ربما تكون الطبقات الصماء من صنع الانسان وهذه قد تنشأ نتيجة لتكرار الحراثة السنوية وبالعمق نفسه . نمو جذور المحاصيل قد ينحصر بضع سنتمترات بالقرب من سطح التربة عندما يتم تثبيط نمو الجذور الى الاسفل من قبل الطبقات الصماء . فعلى سبيل المثال جذور القطن تنمو الى عمق 2 م في بعض الترب التي لا تحوي على طبقات صماء وعندما تتواجد الطبقات الصماء فان نموها يتوقف على عمق تلك الطبقات ولنقل لا تتجاوز 15 – 20 سم والشيء نفسه بالنسبة للجذور الثانوية لقصب السكر فان نموها يتقيد بسبب الطبقات الصماء ولا يمكن تعويض ذلك بالانتشار الافقي لتلك الجذور . الحراثة تحت التربة هي لتكسير الطبقات الصماء دون قلبها وباقل اثارة لقمة التربة اذ يتم قطع سطح التربة قطعا ضيقا بينما يتم نثر الطبقة الصماء تحت السطح

المحاريث الحفارة (Chisel Ploughs) يمكن استعمالها لتكسير الطبقات الصماء التي تتواجد على عمق 60 – 70 سم . ان تاثير الحراثة تحت سطح التربة لا يستمر على طول وانما نحتاج تنفيذه بين مدة واخرى وحسب الحاجة . لتجنب انغلاق الشقوق التي يتم عملها بالحراثة تحت السطح تستعمل المواد العضوية المتحللة في تلك الشقوق او يضاف الرمل .

الحراثة على مدار السنة Year – round Tillage

ان عمليات الحراثة تنفذ على مدار السنة . في حقول اراضي المناطق الجافة اذ ان عمليات اعداد الحقل تدخل في برنامج التعرض لاشعة الشمس الصيفية . وان اعادة عمليات الحراثة تنفذ الى ان تتم زراعة المحصول وحتى بعد حصاد المحصول فانه تعاد حراثة الحقل او يعزق لتجنب نمو الادغال في موسم التوقف (بين محصولين) .

ثنيات الحجز Tied Ridging

تكوين الثنيات (القمم) المترابطة يعزز من الاستجابة للامطار والاسمدة ، اذ ان التربة تجهز النبات بالنيتروجين الجاهز . ان التاثير الايجابي للزراعة المتداخلة يكون على حاصل الحبوب الكلي وعلى دليل الحصاد .

ان للثنيات المترابطة تاثير اما ايجابي او سلبي ، التاثير الايجابي هو السيطرة على هطول الامطار التي تقترب من معدل (500 – 600 ملم) ، بينما التاثير السلبي يظهر عندما يكون هطول الامطار اعلى من (700 – 900 ملم) وذلك لحصول عملية التغدق نتيجة ارتفاع عمود الماء .

الحراثة الثانوية Secondary Tillage

العمليات الاخف والادق التي تنفذ على التربة بعد الحراثة الاولية تعرف بالحراثة الثانوية . بعد الحراثة الاولية يبقى في التربة كتل ترابية كبيرة مع بعض الادغال والاجزاء المتبقية من مخلفات الحصاد وخصوصا فوق منطقة الجذور . تستعمل عملية العزق لاعماق ضحلة لتحطيم الكتل الكبيرة والتخلص من اجزاء النباتات والادغال في الطبقة السطحية من التربة بوساطة العازقة القرصية او الدوارة ذات السكاكين الحادة .

عمليات التعديل (سحب التربة) تعمل كذلك لتحطيم الكتل الصلبة الى اجزاء ناعمة في سطح التربة وعمل دك خفيف للتربة ، لذلك يكون الحقل جاهز للزراعة بعد الحراثة بوساطة العزق والتعديل. عموما عمليات زراعة البذور يمكن اعتبارها ضمن عمليات الحراثة الثانوية لان وضع البذور في التربة يرافق عمليات تحريك للتربة من خلال فج التربة او دفن البذور وربما تسوية خفيفة بوساطة سلاسل الدفن او غير ذلك .

اعداد مهد البذور والزراعة Layout of Seedbed and sowing

بعد عمليات تحضير مهد البذرة يكون الحقل جاهز للري والزراعة او زراعة البادرات او الشتلات . هذه العمليات تخصصية للمحاصيل . ولاغلب المحاصيل مثل الحنطة ، فول الصويا ، الماش ، فستق الحقل .... الخ . يحضر لها مهد للبذور بشكل مستوي ويعد المهد بعد الحراثة الثانوية ، هذه المحاصيل تزرع عادة بدون أي معاملة (معالجة) للارض أي تزرع في سطور داخل الواح مستوية سواء اكانت سربا او في جور . على اية حال نمو المحصول خلال موسم المطر في الارض السوداء العميقة تعتبر مشكلة بسبب ظروف سوء الصرف وان الحراثة تكون غير ملائمة خلال موسم المطر . لذا يعمل المهد العريض (المساطب) والمروز قبل مطلع الامطار (ويتم اللجوء الى الزراعة الجافة لبعض المحاصيل مثل الذرة الصفراء والخضراوات.... الخ حيث ان الحقل يجهز على شكل اخاديد وثنيات دائمية . فمثلا البنجر السكري يزرع على مروز . في كل سنة خطوط البذور المزروعة تكون في نفس المكان والمسافات بين الخطوط لا تزرع طبعا . هذه الطريقة في الزراعة تقلل من عمليات الحراثة وتساعد على زيادة الاحتفاظ بالرطوبة في الخطوط مع زيادة كفاءة استعمال السماد .

بعد عمليات حراثة الحقل تتم زراعة البذور بوساطة الالة الباذرة التي تزرع في سطور اذ تسقط البذور في السطور بعد فجها بوساطة فجاجات البذور داخل الفج ثم تغطى بوساطة الة التغطية على عمق قليل وتسوى التربة فوق البذور ويتم ضغطها قليلا وهذه

مهمة لجعل دقائق التربة تلامس البذور اذ ان هذه العملية مهمة لايصال الماء الى البذرة .

بعد الزراعة After Cultivation

كل عمليات الحراثة التي تنفذ عندما يكون المحصول قائما في الحقل تسمى عمليات بعد الزراعة . تتضمن اضافة السماد في خطوط او تلقيم السماد وعمليات العزق بين خطوط الزراعة . العزق عملية تنفذ بوساطة المحراث البلدي او محراث عمل المروز (مرازة) او العازقات اذ تعمل المروز في قاعدة نباتات المحصول . وهذه تعمل من اجل مكافحة الادغال تجهيز التربة حول النبات لمنع الرقاد (الاضطجاع) او زيادة كمية التربة حول المحصول من اجل نمو افضل للمحصول لغرض انتاج درنات اكثر من البطاطا او من اجل عمليات الري للخضراوات او لتشجيع نمو الجذور الهوائية في الذرة وبالتالي زيادة حجم المجموع الجذري كما تساعد في زيادة تهوية التربة وخلط الاسمدة وتنظيم عملية الري وزيادة الاحتفاظ بالرطوبة عن طريق غلق الشقوق . في الوقت الحاضر هناك الات متكاملة تقوم بعملية العزق والتسميد وتحضين النباتات مرة واحدة .

ادوات الحراثة Tillage Implements

ادوات الحراثة يمكن ان تصنف في مجاميع عدة اعتماد على الغرض من الاستعمال : الحراثة الاولية ، الحراثة الثانوية ، عمل مهد البذور ، زراعة البذور او الشتلات ، العمليات المتداخلة مع الزراعة وعلى اية حال قسم من الادوات تكون متعددة الاغراض مثلا ، المحراث البلدي يستعمل للحراثة الاولية وعمل القنوات وزراعة البذور والعمليات بين خطوط الزراعة والحصاد .

ادوات الحراثة الاولية Primary Tillage Implements

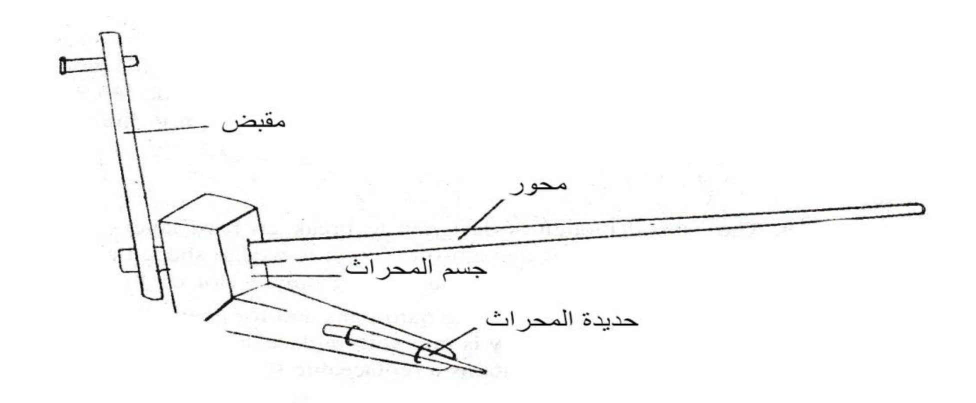
المحاريث تستعمل للحراثة الاولية . الادوات التي تستعمل لفج وهلهلة التربة تدعى بالمحاريث ، والمحاريث تكون على ثلاثة انواع (المحاريث الخشبية ، المحاريث القلابة الحديدية ، ومحاريث الاستعمال الخاص) .

المحراث الخشبي او المحراث البلدي

Wooden Plough or Indigenous plough

المحراث البلدي هو احد ادوات التنفيذ وهو مصنوع من الخشب مع جزء حديدي في المقدمة ، وهو يتكون من الجسم ومحور السحب ومقدمة صلبة ومقبض في النهاية الاخرى (شكل 1.6) وهو يسحب من قبل الثور . يعمل على شق التربة (قطع) على شكل اخاديد ولكن بدون قلبها .

تعد عملية الحراثة هذه غير مثالية بسبب بقاء خطوط غير محروثة بين الاخاديد تنخفض نسبة المساحة غير المحروثة عندما تتم الحراثة المتعامدة ولكن حتى في هذه الحالة تبقى بعض المربعات بين مقاطع خطوط الحراثة غير محروثة . هذا المحراث لم يعد مستعملا الا في بلدان قليلة في العالم وهي البلدان الفقيرة اما في العراق فقد اصبح هذا المحراث من التراث ولم يعد له استعمال في الحقل وقد تم استعراض هذا المحراث لانه يعد بداية اختراع هذه الاله التي منها تطورت محاريث اليوم المتطورة .



شكل 1.6. المحراث البلدي الذي يصنع من الخشب

انوع المحاريث الخشبية Type of Wooden Ploughs

يعتمد ذلك على الحجم والغرض وهناك ثلاث انواع من المحاريث الخشبية المميزة . المحراث الذي يحرث بعمق 15- 20 سم والذي يسحب بواسطة 3 – 4 من الابقار اذ ينجز اكثر من 0.10 – 0.15 هكتار في يوم عمل (8 ساعات) . هذه يتم تصنيعها محليا وتستعمل للحراثات العميقة وقد انقرض هذا النوع من المحاريث بسبب التطور التقني الهائل في مجال المكننة الزراعية و وسائلها وادواتها الا ان الاساس الذي انطلق منه ذلك التطور هو المحراث البلدي .

محراث الاراضي الجافة يكون اصغر من محراث التربة الثقيلة السوداء ويختلف في حجمه باختلاف نوع التربة ومحراث الترب السوداء يعتبر اكثر ثقلا من محاريث الترب الرملية او الحمراء . ان الترب الداكنة تكون مقاومتها اكبر للشق فان راس الجسم يكون اصغر والزاوية بين المحور والسرج الامامي (Share) تكون حادة ، ولكن طول الجسم يكون اكثر من محراث الاراضي الخفيفة وهذا يغطي مساحة 0.15 – 0.25 هكتار في 8 ساعات .

اما محراث الاراضي الرطبة وهو اصغر المحاريث الخشبية . ان محاريث الاراضي الجافة القديمة يمكن ان تستخدم كمحراث للاراضي الرطبة وهو يغطي حوالي 0.1 هكتار في 8 ساعات في بداية موسم التوحل (الطين) حوالي 0.24 الى 0.28 هكتار في 8 ساعات في نهاية موسم التوحل (اقل توحل) .

محاريث تدوير التربة Soil Turning Ploughs

محاريث تدوير التربة تصنع من الحديد وتسحب بوساطة زوج او زوجين من الثيران اعتمادا على نوع التربة . وهذه يمكن ان تسحب بوساطة الجرار (تراكتور) .

المحراث المطرحي القلاب Mouldboard Plough

يعد هذا المحراث من اقدم واكفأ المحاريث المعروفة والمستعملة لانه يحقق جميع اهداف الحرث الجيد .

يتكون هذا المحراث من مجموعة من الابدان معلقة في اطار واحد عن طريق القصبات الخاصة بها ويقطع سلاح البدن شريحة من الطبقة السطحية للتربة مستطيلة الشكل وعرضها مساو لعرض السلاح وارتفاعها هو عمق الحراثة وتتحرك الشريحة الى الخلف نحو مطرحة المحراث نتيجة لحركة المحراث الى الامام . تتميز المطرحة بانثنائها الى اعلى بدرجات مختلفة فيقلب الحرث الى اليمين ويتفتت بدرجات مختلفة ايضا اثناء حركته على المطرحة ويقلب مقطع الحرث في المحاريث متعددة الابدان في قاع الاخدود للارض المحروثة بالبدن السابقة وتدفن بذلك بقايا المحاصيل والحشائش التي كانت موجودة على سطح التربة مما يساعد على تحللها فيتحسن بذلك بناء التربة وتزداد خصوبتها كما ان الاملاح المتراكمة على سطح التربة يتم قلبها الى الطبقات

السفلى لتسهيل عملية غسلها و يتكون المحراث المطرحي القلاب من الاجزاء الاتية كما في الشكل (2.6) .

1- قائم الشبك العلوي .

2- الاطار الرئيسي .

3- المطرحة .

4- السلاح .

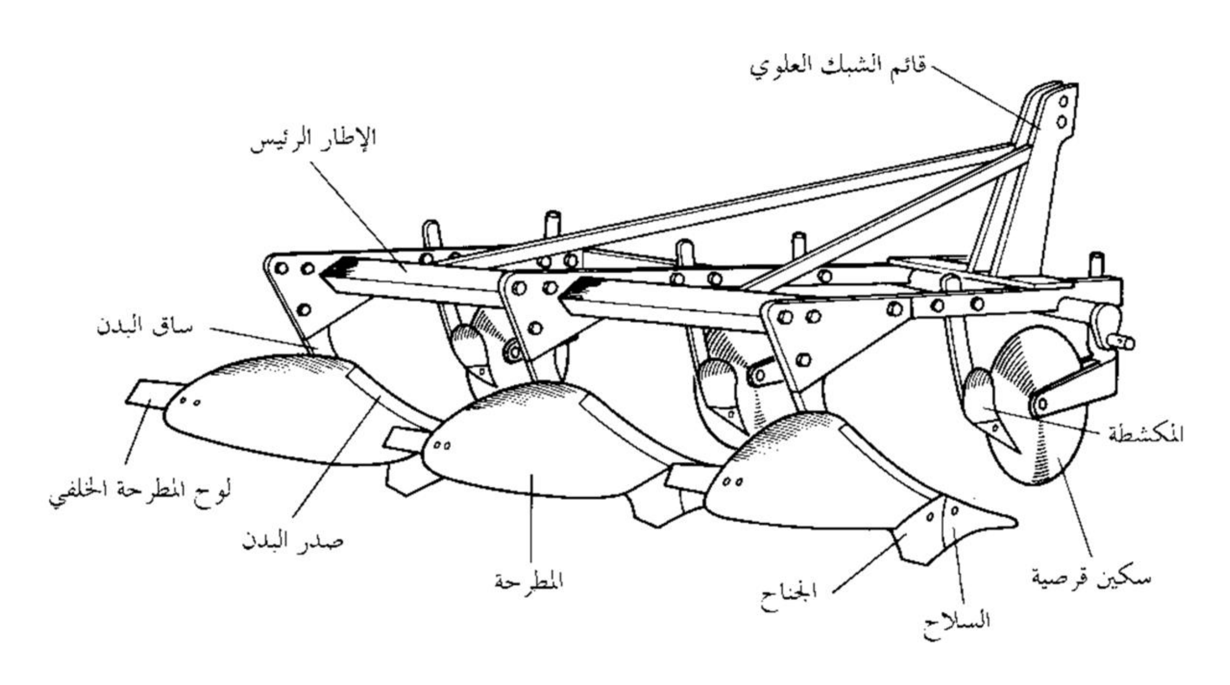
5- صدر البدن .

6- ساق البدن .

7- لوح المطرحة الخلفي .

8- المكشطة .

9- سكين قرصية .

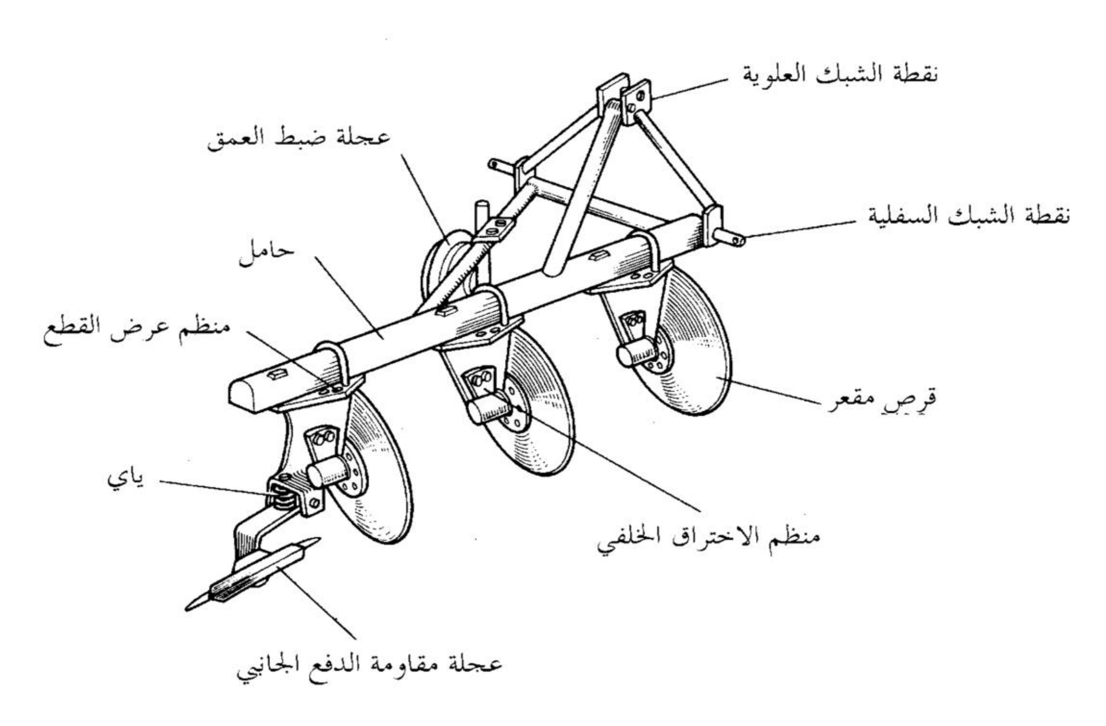


شكل 2.6. المحراث المطرحي القلاب الثلاثي الذي تجره الساحبة الزراعية

ومن الجدير بالذكر ان المحراث المطرحي القلاب هو من اكثر المحاريث استعمالا في المنطقة الوسطى والجنوبية من العراق يسحب بواسطة الجرار (التراكتور) ويعطي عمق حراثة بين 25 – 30 سم .

المحراث القرصي Disc Plough

المحراث القرصي يشبه قليلا المحراث المطرحي القلاب ولكنه اكبر ويتالف من اقراص حديدية دائرية مقعرة (ستيل) . القرص يعمل على تدوير شريحة الاخدود الى احد الجوانب مع عملية تجميع (غرف) . ان الحجم الطبيعي للدسك هو بقطر 60 سم والجزء الذي يقوم بتدوير التربة يتراوح قطره من 30 – 35 سم وهو عبارة عن عرض الشريحة التي يتم تدويرها . المحراث القرصي يكون اكثر ملائمة للاراضي التي فيها نموات لبقية الاعشاب اذ يعمل القرص على تقطيعها . المحراث القرصي يعمل بشكل جيد في الاراضي الخالية من الصخور والشكل (3.6) يوضح اجزاء المحراث القرصي .

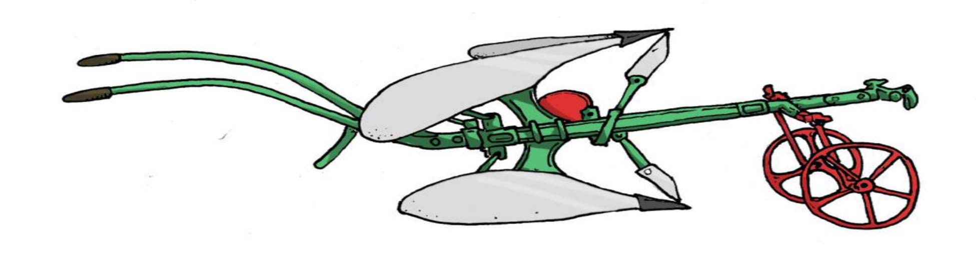


شكل 3.6. المحراث القرصي الثلاثي الذي تجره الساحبة

المحراث العكسي (الاتجاه الواحد)

Reversible or one – ways Plough

الجـزء السـفلي فـي هـذه المحاريـث معلـق بـرابط كالـذي يوجـد فـي المحـراث المطرحي القلاب ويمكن ان تعكس سكة المحراث ويكون اتجاه الحراثة الى اليمين او الى اليسار بجانب الرابط . وهناك منظم (معدل) للاتجاه يحرك المحراث بـاي اتجـاه مطلوب في المساحات الجبلية والشكل (4.6) يوضح شكل واجزاء هذا المحراث .



شكل 4.6. المحراث العكسي ذو الاتجاه الواحد

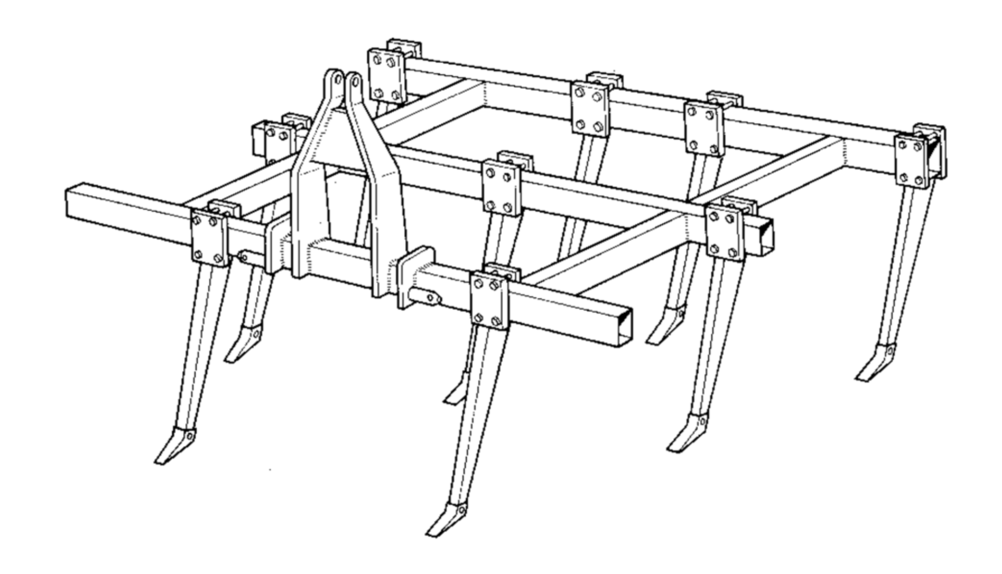
المحاريث الخاصة Special Plough

1- محـراث تحـت التربـة Subsoil Plough :- صـممت هـذه المحاريـث لتكسـير الطبقـات او المنـاطق الصـماء بـدون ان ترفعهـا الـى السـطح . جسـم هـذا المحـراث يكـون عبـارة عن شكل اسفين وضـيق امـا سـلاح المحـراث فيكـون عـريض لكـي يستطيع من نثر الطبقة الصماء بينما يعمل شق في قمـة الطبقـات والشـكل (5.6) يوضح شكل واجزاء هذا المحراث .



شكل 5.6. محراث تحت سطح التربة لكسير الطبقات الصماء

2- محـراث الحفـار Chisel Plough :- يسـتعمل هـذا المحـراث بدرجـة رئيسـة لتحطيم الطبقات الصماء وللحراثة العميقة (60 – 70 سم) مـع خلخلـة قليلـة لقمـة الطبقـة . الجسم يكـون نحيـف مـع نهايـة مدببـة الجـزء القـاطع للحصـول علـى اقـل خلخلة في قمة الطبقة .



شكل 6.6. المحراث الحفار

3- محراث الثنية Ridge Plough :- هذا المحراث له سكتين (مطرحتين) واحدة لتدوير التربة الى اليمين والاخرى الى اليسار اي ان لها اجنحة مزودجة . هذه المحاريث تستخدم لشق الحقل الى اكتاف ومروز تعمل على انشاء مهد عريض واخاديد بواسطة ربط اثنين من محاريث الثنيات على اطار وبمسافة 150 سم بين محراث والاخر .

4- المعاول الدوارة او المحراث الدوار Rotary Plough or Rotary Hoes :- تعمل هذه على قطع التربة وسحقها اذ تقطع التربة بوساطة الشفرات ان نوعية الشفرات تستعمل على نطاق واسع . عمق القطع يكون 12 – 15 سم وهي مناسبة للترب الخفيفة وكما في الشكل (7.6) هذا النوع من المحاريث يصلح للاراضي الخفيفة وغير العميقة واحيانا يستعمل لتنعيم الطبقة السطحية بعد الحراثات التي تتم بوساطة المحاريث الاخرى للحصول على ترب متجانسه وناعمة .



شكل 7.6. المعاول الدوارة او المحراث الدوار

المحراث (المجدول) الحوضي Baisn Lister

يعد المحراث الحوضي الة ثقيلة مع واحد او اثنين من المطاريح او المجارف . هذه المجارف مركبة على نوع خاص من الاطر التي تعمل بطريقة متبادلة . هذا الالة

تستعمل لعمل مروز خطية (اذ تقطع المروز بسدود واحواض لاعاقة حرية جريان ماء المطر والسماح له بالنزول داخل التربة في المناطق ذات الامطار القليلة) .

تنفيذ الحراثة الثانوية Secondary Tillage Implements

انواع مختلفة من الالات مثل العازقات ، الخرماشات ، المعدلات واسطوانات التسوية تستعمل لاغراض الحراثة الثانوية .

العازقة المسحوبة بالتراكتور Tractor Drawn Cultivator

تستخدم العازقة لتنفيذ العمليات الدقيقة مثل تكسير الكتل الترابية وجعل التربة مثارة وناعمة في عمليات تحضير مهد البذور . العازقة تعرف كذلك على انها تحوي على تفرعات او اسنان قاطعة تستعمل كذلك لتهييج اضافي للتربة لجعلها مهلهلة اكثر و رخوة قبل عملية زراعة البذور وكذلك تستعمل لتدمير الادغال التي تنمو بعد الحراثة. العازقة تحتوي على صنفين من المراوح الحديدية المسننة مربوطة بقوة على اطارها على شكل دوار . ان الهدف الرئيسي من تجهيز صفين متبادلين هو لاجل تجهيز تاثير متكامل لتكسير الكتل الترابية ومتبقيات النباتات بين صفي الاسنان . تحوي هذه العازقة على مجموعة من السكاكين بحدود 7 – 13 وان الجزء الحاد فيها يمكن ان يبدل عندما يستهلك .

العازقة المشطية Sweep Cultivator

ان وجود متبقيات النباتات بعد الحصاد في الحقل يجعل من الصعب صيانة الارض مع اعمال طبيعية بسبب الانسدادات . العازقة المشطية تعتبر ملائمة للعمل في مثل هذه الحالة وتتكون من ريش (شفرات) على شكل حرف (V) مقلوب كبير

تعلق في اطار العازقة . هذه الشفرات تعمل بشكل متوازي مع سطح التربة وعلى عمق 10 – 15 سم . وهذه تكون حوالي صفين بحركة نابضة .

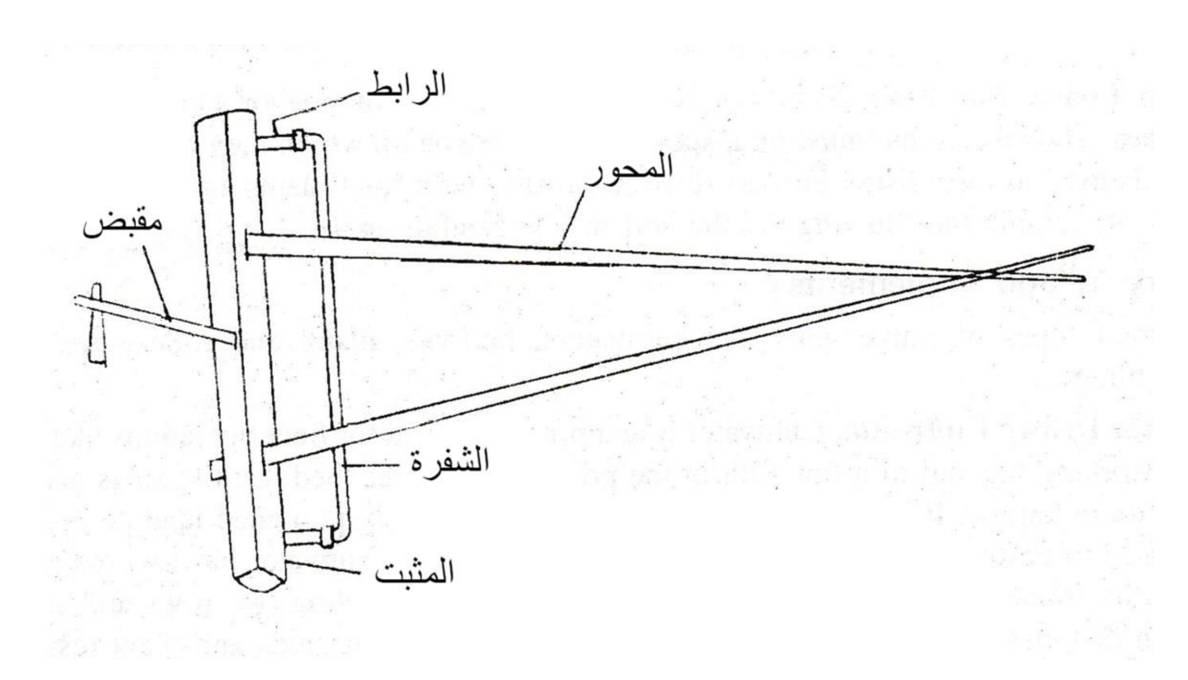
العازقة المشطية تستعمل لاثارة (قلب) 12 – 15 سم من عمق التربة خلال العملية الاولى بعد الحصاد بشكل سطحي خلال العمليات اللاحقة وهي تعمل بشكل تكراري للقضاء على الادغال ويمكن استعمالها لحصاد محصول فستق الحقل .

الامشاط Harrows

الامشاط تستعمل لغرض الزراعة السطحية في العمليات مثل تحضير مهد البذرة ، او تغطية البذور وتدمير بادرات الادغال وهي على نوعين اما امشاط قرصية وامشاط بهيئة شفرات :-

1- **الامشاط القرصية Disc Harrows :-** تتالف من اقراص مقعرة بقطر 45 – 55 سم وهذه الاقراص تكون اصغر في الحجم من اقراص المحراث القرصي ولكن عددها اكثر ومحمولة على محورين (Axles) محمولين على عجلات هذه الاقراص تدور سوية حول المحور لتقوم هذه الاقراص بتقطيع كتل التربة وتحولها الى شبه مسحوق .
2- **الامشاط المشفرة Blade Harrow :-** تستعمل لاغراض مختلفة مثل ازالة الادغال ومتبقيات الحصاد وتحطيم الكتل وعزق التربة لعمق ضحل او تغطية البذور أو للقيام باعمال الفلاحة بين خطوط النباتات وقد تستعمل في حصاد فستق الحقل .... ان شفرات العزق تنفع للقيام بعمليات مختلفة بين خطوط النباتات وهناك نوعين من الشفرات منها ما هو صنع محلي (يدوي) او مطورة .
3- **الامشاط المشفرة المحلية الصنع Indigenous Blade Harrow :-** التصميم العام للامشاط المشفرة المحلية تعرف بانها تتالف من (رابط) مع اوتاد عدد اثنان مربوط في النهاية . الشفرات مربوطة على هذه الاوتاد الاثنين . هناك محورين

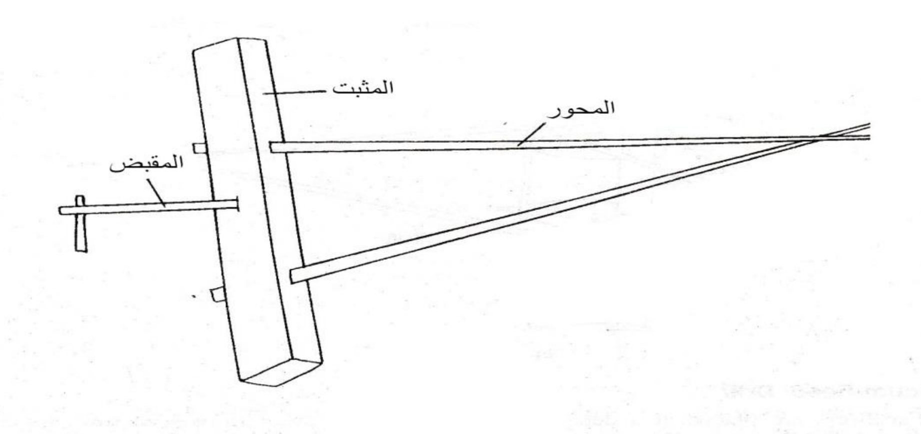
(قضـيبين) ومقـبض هـي الاجـزاء الاخـرى . تعتمـد علـى طـول الـرابط ووزنـه وتستعمل لاغراض مختلفة (شكل 6.8) .



شكل8.6. الامشاط المشفرة محلية الصنع

لوح التعديل واسطوانات Plank and Roller

يعد لوح التعديل الة بسيطة جدا تتكون من رابط خشبي ثقيل بطول 2 متر يرتبط به مقبض يدوي مثبت على الرابط (شكل 9.6) كما يثبت على الرابط عمودان يلتقيان فـي نهايتيهمـا وعندما تعمل هذه الالـة فانهـا تكسر اغلـب الكتل الكبيرة بسبب وزنهـا . وكـذلك تسـاعد علـى التسـوية البسـيطة ودك التربـة الخفيفـة المهمـة بعـد الزراعـة . الاسطوانات تستعمل رئيسيا لتكسير الكتل الصلبة و رص التربة لخطوط البذور .



شكل 9.6. لوح التعديل اليدوي

الات التخطيط لمهد البذور Implements for Layout of Seedbed

المحراث البلدي ومحراث الثنيات تستعمل لتحويل الحقل الى ثنيات ومروز او لعمل قناة الري . محراث التمريز عندما يربط الى الاطار يمكن ان يستعمل لعمل مروز واسعة المهد (مساطب) . حواجز (سدود) الري في اراضي الحدائق تعمل عادة بواسطة المجرفات (المكلاة)المصنوعة يدويا . الحواجز (السدود) يمكن عملها عبر الخطوط الكنتورية في المناطق ذات الامطار القليلة لحفظ رطوبة التربة . مكلاة المزارع صممت لعمل تلك الحواجز لتحل محل التصنيع اليدوي وهي مصممة بتشكيل هذه الخدمة لغرض الاستخدام اليدوي . هذا التنفيذ يتالف من زوج من المطاريح الحديدية والمثبتة احدهما عكس الاخر ليواجه احدها الاخر .

المعلمة تستعمل لتعليم عوارض لشتل بادرات النباتات بطريقة الزراعة على شكل مربعات وهي تتالف من رابط مثبت على 3 – 4 مضارب خشبية متينة . المسافة تعتمد على مسافات الزراعة للمحصول ، فعندما تعمل باتجاهين فانها تعمل مروز سطحية معلمة وباتجاهين .

الات الزراعة Implements for Sowing

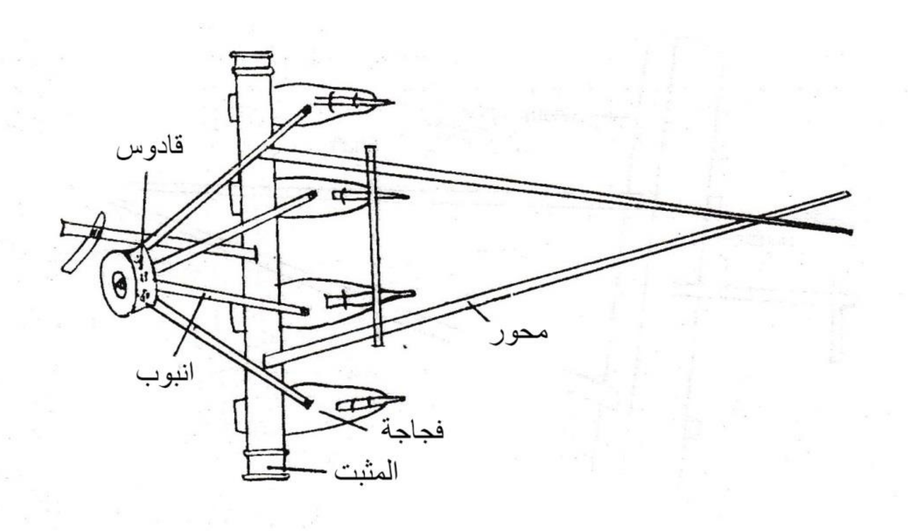
تستعمل ادوات عدة للزراعة هي المحراث البلدي ، ومسطرة البذور والمسمدة والباذرة الميكانيكية .

المحراث Plough

توزع البذور يدويا في المروز التي يعملها المحراث البلدي . تسقط البذور في اعماق غير متساوية بسبب سقوطها بصورة عشوائية في شرائح المروز وتستعمل لذلك قصب الخيزران مفتوح الجانبين وتوضع من خلاله البذور لتسقط في المكان الملائم لها داخل المروز .

الباذرة Seed Drill

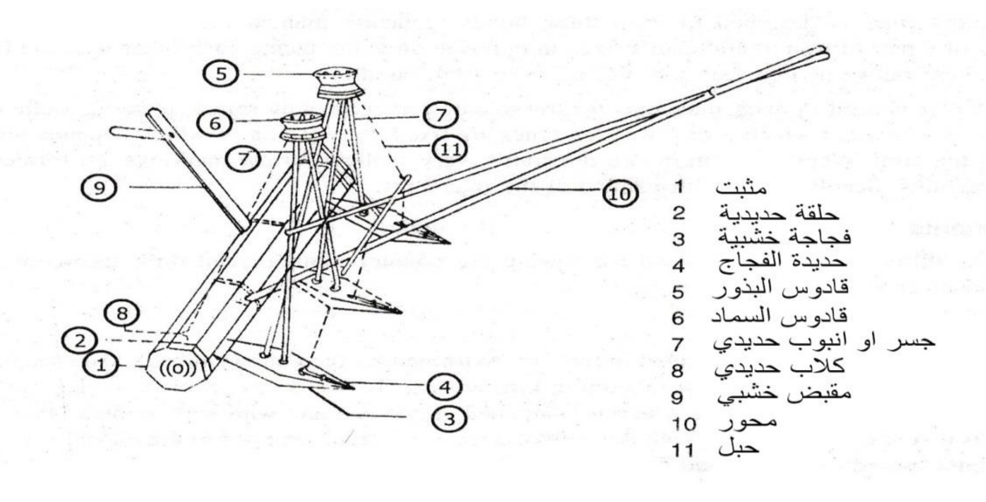
تتكون الباذرة من رابط (بيم) خشبي مثبت عليه 3 – 6 فجاجات (tynes) . هذه الفجاجات تعمل على فتح مروز في المكان الذي تسقط فيه البذور ومن خلال الثقوب الموجودة في الفجاجات الحاوية على فتحت تربط بها انابيب من الخيزران او الحديد مناسبين وهذه الانابيب تربط الى قادوس (hopper) ويتم تغذية هذه البذرة في خزانها بواسطة عمال ماهرين (شكل 10.6) .



شكل 10.6.مسطرة البذور (تضع البذور في سطور)

المسمدة – الباذرة Ferti – cum Seed drill

يوضع السماد على عمق 5 سم وبمسافة 5 سم من خطوط البذور المزروعة كلا العمليتين البذار والتسميد سوية بواسطة (المسمدة – الباذرة) وهي تشبه الباذرة الا انها تحوي قادوسين (two hoppers) احدهما للبذور والاخر للاسمدة (شكل 11.6) .



شكل 11.6. الباذرة المسمدة

الباذرة الميكانيكية Mechanical Seed Drill

تتالف الباذرة من طبلة البذور مع ثقوب في صفيحة القاعدة المقابلة لعدد من انابيب البذور والتي تسمح بمرور البذور خلال هذه الانابيب . القرص الدوار لدية ثقوب في مسار دائري ويتم الاحتفاظ به في قاعدة اللوحة ، عندما تتزامن ثقوب القرص الدوار مع قاعدة اللوحة ، البذور ستسقط في الانبوب وتاخذ طريقها الى التربة . المسافة بين الثقوب في القرص الدوار تعتمد على المسافة المطلوبة داخل الخطوط للمحصول المزروع وتستعمل لزراعة البذور المختلفة الاحجام .

استعمال القرص الدوار مع ثقوب مختلفة الاحجام يوفر امكانية تغيير المسافة بين الخطوط بواسطة تغيير المسافة بين الفجاجات . المسافة بين الخطوط يمكن تغييرها باستخدام قرص دوار مع مسافة اكبر بين الثقوب .

الباذرات مع مكائن مختلفة التقنيات للبذار الاوتوماتيكي هي الاخرى متوفرة .

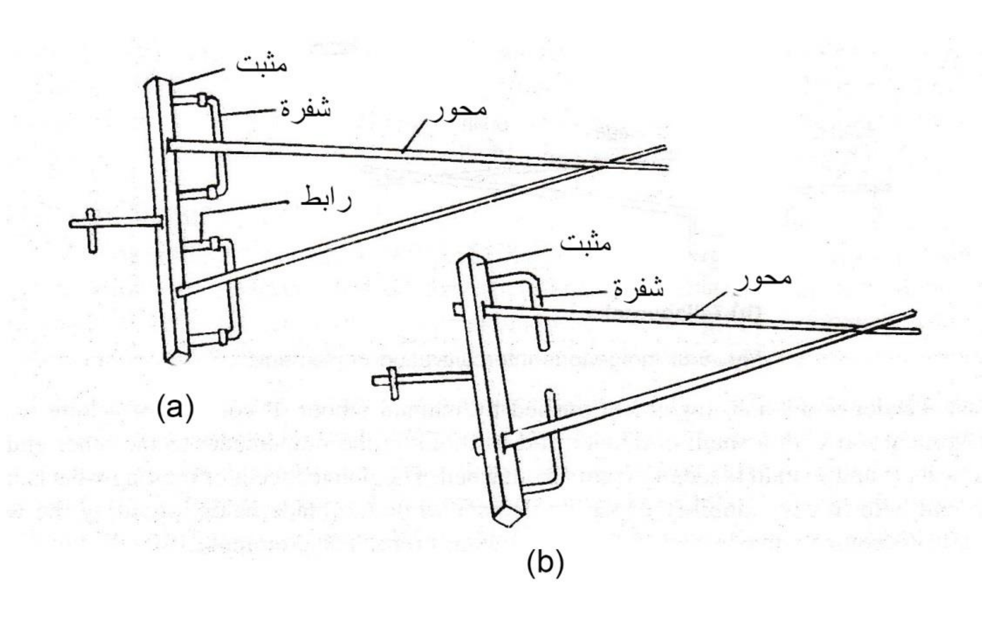
الات للعمل بين النباتات في الحقل (عازقات)

Implements for Intercultivation

تضم مجموعة متنوعة من الادوات تستعمل والمحصول قائم في الحقل مثل المحراث ، الامشاط المشفرة والمعشبة التي يشيع استعمالها . المحراث البلدي ومحراث الثنيات تستعمل لنبش التربة لمحصول البنجر السكري ، البطاطا ..... الخ . المحراث البلدي (الريفي) يعمل في الاعماق السطحية لمكافحة الادغال لمدى واسع من المحاصيل واشجار الفاكهة .

احجام صغيرة من الامشاط المشفرة تستعمل بشكل واسع اثناء الزراعة عدد منها تصمم من قبل الحرفيين المحليين لتلائم اغراض خاصة وتعطى اسماء محلية .

هذه تكون بسيطة التصميم ، سهلة العمل ورخيصة وتؤدي الغرض بصورة مضبوطة . انواع عديدة من الامشاط المشفرة جاهزة (متاحة) للمزارعيين . الشفرات المثبتة على هذه الادوات تكون على بعد 15 سم من خطوط المحاصيل . طول الشفرة بمدى 45 – 52.5 سم وهذه تستعمل لمكافحة الادغال عندما تكون لا تزال صغيرة والتربة لا تزال غير صلبة (شكل 12.6) يحوي على شفرتين مثبتة على اوتاد .



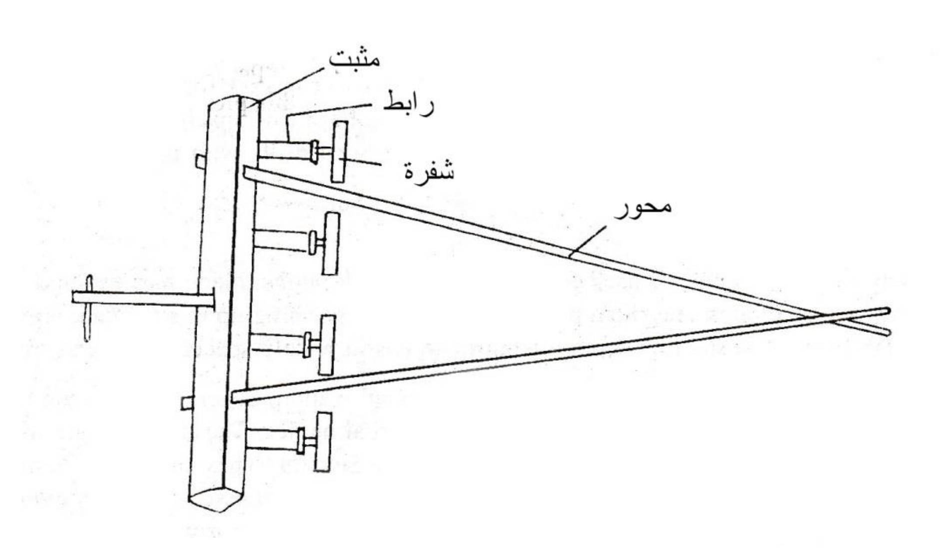
شكل 12.6. الات العزق بين خطوط النباتات النامية في الحقل

يمكن ان تستعمل هذه حتى في الاراضي الصلبة لازالة الادغال النامية ويكون طول الشفرة بمدى 30 – 45 سم وهناك شفرات حديدية بعرض 10 – 12.5 سم تثبت على رابط خشبي ويكون عددها بحدود 3 – 4 وهذه تستعمل خلال خطوط المزروعات حصريا لمسافات المحاصيل مثل الدخن ، فستق الحقل .... الخ . التي تزرع بواسطة الباذرة .

هناك ادوات صغيرة مع شفرة بطول 10 – 15 سم تعمل بين النباتات اثناء نمو المحصول يمكن العمل بها وكل واحدة منها تغطي خط واحد فقط . او يكون طول

الشفرة بحدود 30 – 45 سم (شكل 13.6) وتعتمد على المسافة البينية لخطوط المحصول وقد تكون طول الشفرة 10 سم اقل من المسافة البينية لخطوط المحصول .

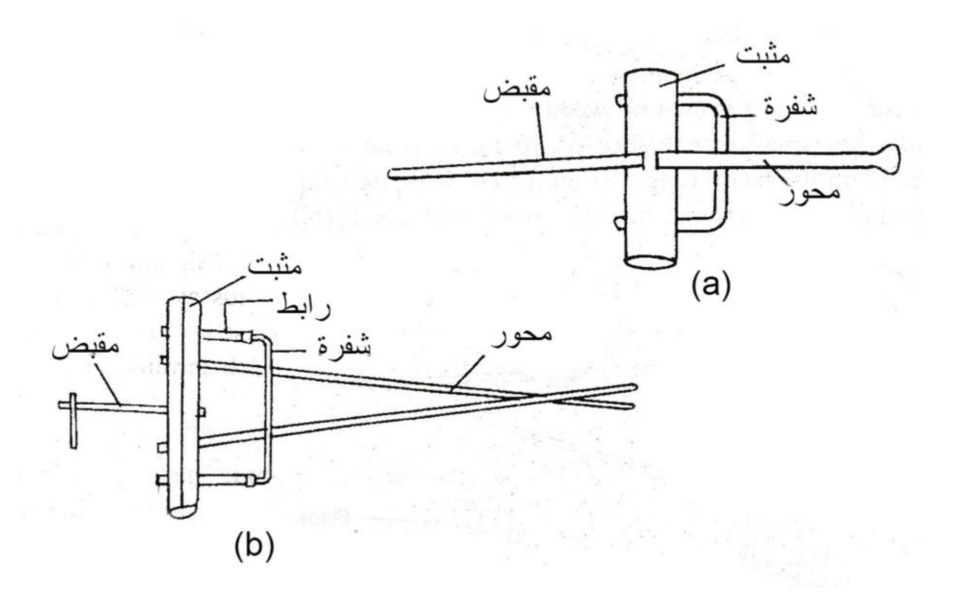
المشط المشفر المستعمل في حقول التبغ يكون طول الشفت لقشط الادغال في التربة بدون تحطيم الاعناق الهشة للتبغ .



شكل 13.6. اداة عزق مشفرة بين خطوط النباتات النامية في الحقل

المعشبة النجمية هي اداة صغيرة تضغط بواسطة مقبض معدني . تتالف من قضيب عمودي خشبي او معدني طويل مع عمود افقي صغير لحمل الالة وفي النهاية الاخرى هناك نجمتين تشبه العجلات مع شفرات صغيرة بطول 10 سم مربوطة عليها الاسنان المدببة للعجلات الدوارة تعمل على هلهلة التربة وتساعد في عملية تنقل الالة بينما تقوم الشفرات بتقطيع الادغال وهذه الالة ملائمة لمكافحة الادغال الصغيرة في حقول النباتات النامية لمحاصيل فستق الحقل والدخن .... الخ .

المعشبة الدوارة اليابانية تكون ملائمة للتعشيب وفي عمليات التسميد لخطوط الزراعة في الاراضي المنخفضة للرز وهي تتالف من طبل دوار مع مسامير صغيرة مدببة صغيرة تحرك التربة عندما تضغط وتجهز بعوامه بجانب الاسنان المرتفعة للطبل لمنع الغطس للاداة في الحقل المغمور وهي تعمل بواسطة عمال ماهرين .



شكل 14.6. ادوات عزق بين خطوط النباتات النامية في الحقل

المفاهيم الحديثة للحراثة Modern Concepts of Tillage

في الحراثة التقليدية يتم فج التربة بالمحراث المطرحي القلاب للحراثة الاولية تكسر كتلة التربة الى نظام فضفاض (هش) من الكتل ذات الاحجام المخلوطة لاحقا سيحضر مهد مناسب للبذور بوساطة الحراثة الثانوية عند سحق الكتل واعادة تكوينها ودمجها مع بقايا النباتات والسماد وسطح التربة الناعم .... الخ . من الجدير بالذكر فان هذه العمليات سوف تصرف طاقة واحيانا فان تركيب التربة يتحطم .

المزارعون يعملون على فتح التربة بواسطة المحراث ، يتبعها مباشرة محراث ذو شفرات او الباذرة للحراثة الثانوية . في النهاية تتم عملية التلويح وسحق الكتل والتسوية الدقيقة . اخيرا حدثت تغيرات كبيرة في التطبيقات (الممارسات) مع مفاهيم عدة جديدة مثل ادنى حراثة (minimum tillage) ، بدون حراثة (Zero tillage) ، خلط متبقيات النباتات .... الخ .

مفهوم الحد الادنى من الحراثة بدأ في الولايات المتحدة والسبب المباشر لتطبيقه هو بسبب الكلفة العالية للحراثة العادية بسبب ارتفاع اسعار النفط عام 1974 . بذلت جهود لمعرفة ما اذا ان عدد من عمليات الحراثة التي تطبق في الحقل هي ضرورية ام لا فضلا عن ان هناك مشاكل ترتبط بالزراعة النظيفة . اعيد استعمال المكائن الثقيلة ، يؤدي الى تحطيم البناء ، بسبب تغير وجه التربة ويقود ذلك الى التعرية .

ان متطلبات منطقة الزراعة (منطقة الخطوط) وادارة المياه (بين خطوط الزراعة) تكون مختلفة في المحاصيل التي تزرع على خطوط فانه يكفي لتنفيذ حراثة مضبوطة في المكان الذي ستزرع فيه البذور على الخط لخلق ظروف مثالية للزراعة لتحقيق انبات سريع وكامل وبادرات قوية .اما منطقة بين الخطوط لا تعمل الحراثة الثانوية اذ تكون التربة خشنة ومفتوحة لذلك فان الادغال سوف لا تنمو مع توفير صرف جيد للمياه في التربة . ان الهدف المهم من الحراثة هو مكافحة الادغال ويتم تعويضها في حالة عدم الحراثة باستعمال مبيدات الاعشاب .

ان تطبيقات قلب سطح التربة هو لغرض دفن السماد الحيواني ومخلفات النباتات اصبحت من اهداف الحراثة الاقل اهمية اذ ان استعمال الاسمدة الحيوانية والسماد الاخضر اصبح غير شائع . مخلفات المحصول يمكن وفي حالات عدة يتم ابقاؤها على سطح التربة للحماية ضد التبخر والفقد بالتعرية . اظهرت الدراسات ان الحراثة المتكررة نادرة الفوائد وغالبا ما تكون محدودة لكل هذه الاسباب ادت الى تطوير تطبيقات الحد الادنى من الحراثة او عدم الحراثة والزراعة مع المخلفات النباتية

الحد الادنى من الحراثة Minimum Tillage

الحد الادنى من الحراثة تهدف الى تقليل الحراثة الى ادنى حد ضروري الذي نتاكد منه هو اعداد مهد جيد للبذور وانبات سريع وتاسيس مناسب مع توفر ظروف جيدة للنمو .

الحراثـة يمكـن ان تقلـل بطـريقتين بحـذف العمليـات التـي لا تعطـي فائـدة كبيـرة بالمقارنـة مـع التكلفـة وعن طريـق جمـع العمليـات الزراعيـة مثـل عمليـة البـذار واضـافة السماد بعملية واحدة .

للحد الادنـى مـن الحراثـة مزايـا معينـة مثـل تحسين ظـروف التربـة بفضـل تحلـل المخلفات النباتية في موقع وجودها ، تصـريف اعلـى بسبب وجـود النباتـات الحاليـة فـي التربـة وتكوين المسـارات بواسطة تحلـل الجـذور الميتـة ، مقاومـة اقل لتغلغل الجـذور بفضـل تحسـين تركيـب التربـة وتقليل تـراص التربـة بسـبب تقليـل حركـة المكـائن الثقيلـة عليها وتعرية قليلة للتربة نتيجة لعدم اثارة الدقائق . مقارنـة الـى الحراثـة التقليديـة ولكـن هناك المزايا تكون واضحة على نسجة التربة وتظهر بعـد 2 – 3 سـنوات مـن تطبيقـات حراثة الحد الادنى .

هناك مساوئ من حراثة الحد الادنى والتي لا يمكن التغلب عليها وهي ان انبـات البذور يكـون بنسبة اقل كـذلك فـي حراثـة الحـد الادنـى نحتـاج اضـافة كميـات اكبـر مـن السـماد النيتروجينـي بسـبب ان مسـتويات تحلـل المـادة العضـوية تكـون بطيئـة ، وتتـاثر العقد البكتيرية في بعض المحاصيل البقولية مثـل الحمـص والبـاقلاء . عمليـات الزراعـة تكـون صـعبة باسـتعمال المعدات العاديـة بالاضـافة الـى استمرار اسـتعمال مبيدات الادغـال سيسبب التلوث مع مشكلة سيادة الادغال المعمرة .

الحد الادنى من الحراثة يمكن تطبيقه بطرق مختلفة

1- حـرث منطقـة الخـط Row Zone Tillage :- بعـد الحراثـة الاوليـة بـالمحراث المطرحـي ، عمليـات الحراثـة الثانويـة مثـل اسـتخدام الامشـاط القرصـية والتمشـيط سيقل (ينخفض) . اذ تعمل الحراثة الثانوية في منطقة الخط فقط .

2- الحرث ، المحراث ، النبات Plough – Plant – Tillage :- بعد حراثة التربة فان زارعات خاصة ستستخدم لمرة واحدة فوق تربة الحقل . سيسحق الخط فقط وتتم زراعة البذور .

3- عجلة المسار للزراعة Wheel Track Planting :- الحراثة تجرى بشكل عادي . يستخدم التراكتور للزراعة وان عجلة التراكتور ستقوم بسحق منطقة الخط

بدون حراثة (حراثة الصفر) Zero Tillage

الحراثة (صفر) هي نوع متطرف من الحد الادنى للحراثة . انها تتجنب الحراثة الاولية كليا ، والحراثة الثانوية تكون محدودة لتحضير مهد البذرة في منطقة الخط فقط وكذلك هي تعرف انها لا حراثة اذ يتم اللجوء اليها لتفادي تعرض التربة الى تعرية كل من الرياح والماء ، وكذلك عندما يكون الوقت قصير جدا لاتمام عمليات الحراثة فضلا عنه عندما تكون متطلبات الطاقة ولكن تنفيذ الحراثة مرتفع جدا . حراثة صفر يؤدي الى تجانس تركيب التربة مع زيادة اعداد ديدان الارض . محتوى المادة العضوية يزداد بفضل قله التمعدن وانخفاض معدل الجريان السطحي بفعل وجود المواد العضوية غير المتحللة على سطح التربة لتعيق حركة الماء .

التاثيرات المفضلة للحراثة صفر تكون على صفات التربة الفيزيائية وتظهر بعد سنتين من تطبيقها . تعد الزراعة مع الحراثة احدى تطبيقات ممارسة عدم الحراثة . آليا يتم انجاز اربع مهام بعملية واحدة اذ يتم تنظيف شريط ضيق فوق خط المحصول السابق وتفتح التربة بوساطة فجاج لادخال البذور بعدها توضع البذور ليتم تغطيتها .

التطور الذي حصل في التجهيزات الحالية التي تضمن ضبط البذار والسيطرة على عملية تغطية البذور . اضافة السماد في او بالقرب من خط البذور لا تعد ضرورية الا في حالة هناك حاجة لزيادة النمو المبكر للبادرات .

حراثة بقايا المحصول Stubble Mulch Tillage

لقد تطورت الحراثة التقليدية في المناطق ذات المناخ الدافئ الرطب التي يستعمل فيها المحراث المطرحي القلاب على اساس ان ذلك المحراث غالبا ما يؤدي الى زيادة تعرية التربة عندما يستعمل دون تمييز (جزافا) في زراعة الاراضي الجافة وخير مثال على ذلك هو العواصف الترابية في وسط الولايات المتحدة الامريكية التي نتجت حراثة اراضي البراري من اجل زراعتها بالحبوب باستعمال طرائق الحراثة التي ادت الى تعرية التربة بالرياح مدمرة جزء كبير من الاراضي لذا تم تطوير اساليب للمحافظة على التربة وحمايتها في كل الاوقات من خلال زراعة المحاصيل او ترك بقايا المحاصيل على سطح التربة اثناء الموسم الذي يلي حصاد المحصول وتسمى هذه الممارسة حراثة بقايا المحصول (stubble mulch tillage) او حقل بقايا المحصول (stubble – mulch farming) . من خلال نظام سنوي حولي لادارة بقايا النباتات باستعمال وسائل تقوم بتقطيع تلك المتبقيات مع هلهلة التربة وقتل الادغال وغالبا ماتحرث التربة عند الضرورة للسيطرة على الادغال في المدة بين المحصولين والادارة الجيدة لبقايا المحصول تبدا حال حصاده . الخرماشات او الشفرات تستعمل عادة لتقطيع التربة لعمق 12 – 15 سم في اول عملية بعد الحصاد ويقل عمق القطع خلال العمليات اللاحقة . عندما تكون موجودة كميات كبيرة وغير اعتيادية من بقايا المحصول نستعمل الالات ذات الاقراص لاول عملية من اجل خلط جزء من تلك البقايا في التربة وهذه تشجع عمليات التحلل الا انه لازال هناك كميات كافية من بقايا النباتات على سطح التربة . حراثة بقايا النباتات ترافقها بعض المشاكل اذ ان بقايا النباتات على سطح التربة تتداخل مع عملية تحضير مهد البذور وعمليات الزراعة وان الالات والمعدات المستعملة في الحراثة التقليدية والزراعة لاتكون مناسبة تحت هكذا ظروف وهناك طريقتان تت تبينهما لزراعة المحاصيل تحت نظام حراثة بقايا النباتات .

1- بما يشبه حراثة صفر (بدون حراثة) فان جامعة (مكنسة التبن) عريضة واذرع لجمع النفايات تستعمل لتنظيف شريط لتقوم زراعة ذات فؤوس ضيقة لعمل شقوق ضيقة في المكان الذي ستزرع فيه البذور .

2- محراث حفار ضيق بعرض 5 الى 10 سم يقوم بشق التربة بعمق 15 الى 30 سم تاركا جميع بقايا النباتات على سطح التربة . يقوم المحراث الحفار بتكسير طبقات الحراثة والقشرة السطحية وتتم عملية الزراعة خلال بقايا النباتات باستعمال زارعات خاصة .

التلويط Puddling

نمو الرز وحاصله ليكونا عاليين تحت ظروف الغمر والحفاظ على وجود الماء خلال مدة وجود المحصول يفضل ان تجرى عملية التلويط . التلويط هو حراثة الارض بوجود الماء ذلك لتحسين ظروف الطبقة تحت سطح التربة لتقليل البزل العميق الذي يؤدي الى فقد الماء وكذلك للحصول على مهد جيد للبذور وطي لزراعة الرز .

تتضمن عملية التلويط حراثة يتم اعادتها بوجود الماء الى ان تصبح التربة طرية وطينية . في البداية يتم اضافة 5 الى 10 سم ماء الى التربة وتعتمد على حالة ماء التربة وذلك لتوصيلها الى حالة الاشباع ومافوق الاشباع وتنفذ الحراثة الاولى بعد 3 الى 4 ايام ويضاف 5 سم ماء كاضافة اخرى بعد 2 الى 3 يوم تنفذ الحراثة الثانية وبوساطة هذه العمليات فان اغلب كدرة الماء سيتم ازاحتها كما يتم خلط الادغال ودمجها مع الطين وخلال 3 الى 4 ايام يتم اضافة 5 سم ماء اخرى وتنفذ حراثة ثالثة وبكلا الاتجاهين . الحراثة الثالثة يمكن تنفيذها باستعمال محراث الاراضي الرطبة او باستعمال لواطة الاراضي الرطبة ويستعمل المعدلان لتسوية الحقل ولمعرفة هل ان عملية اللواطة قد تمت بشكل كفوء ام لا .

يتم اخذ طين باليد (ملئ اليد) ويضغط فاذا ماانساب بشكل حر من بين الاصابع فان عملية التلويط تعد جيدة . وبما لايشبه عمليات الحراثة الاخرى فان التلويط يهدف الى تدمير تركيب التربة اذ ان دقائق التربة الغروية مثل الرمل والغرين والطين ستنفصل عن بعضها خلال عملية التلويط وان طبقة التربة ذات الرطوبة العالية تحت سلاح المحراث ستنضغط نتيجة لوزن المحراث . دقائق التربة المفصولة عن بعضها خلال عملية التلويط ستهبط لاحقا اذ ان دقائق الرمل تنزل الى القاع وفوقها دقائق الغرين ثم دقائق الطين التي ستملئ المسامات وهكذا تعمل طبقة غير نفاذة فوق طبقة التربة المرصوصة تمنع نزول الماء وللمحافظة على عمود الماء .

تنفذ عملية التلويط باستعمال الات عدة اعتمادا على جاهزية الالات وطبيعة الارض فالترب ذات الكثافة الظاهرية اقل من 1.0 تعد مشكلة في التلويط باستعمال الالات التي تجرها الحيوانات (تستعمل في الهند وباكستان) اذ ان ارجل الحيوانات ستغور الى عمق كبير خلال عملية التلويط لذا فان تحت مثل هكذا ظروف فان عملية التلويط تنفذ باستعمال مجارف محلية الصنع واغلب المزارعين يستعملون محراث الاراضي الرطبة او المحراث المطرحي القلاب .ملوطة الاراضي الرطبة تتضمن سلسلة من الشفرات المربوطة على ذراع بزاوية معينة وعندما تعمل فان التربة تخفق بالشفرات وتتم عملية التلويط بسرعة مقارنة بالمحراث البلدي واليوم تم تطوير الات يمكن استعمالها بسهولة في الاراضي المغمورة للقيام بعمليات حقلية عدة ومنها التلويط.

الفصل السابع

البذرة والبذار

SEED AND SEEDING

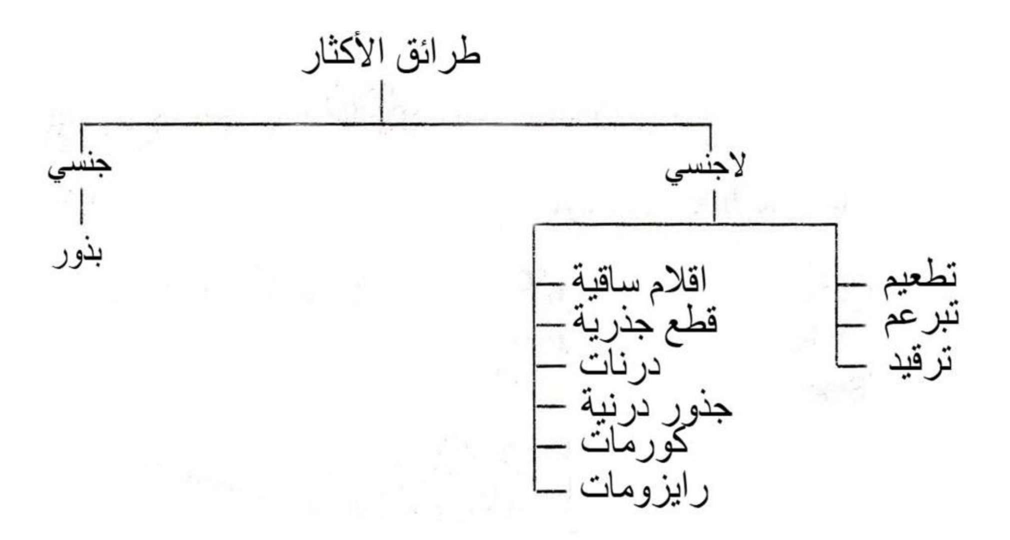
اغلب المحاصيل الحقلية تتكاثر بوساطة البذور وتعد نوعية البذور مسألة في غاية الاهمية لتاسيس نباتات المحصول في الحقل ، فمنتجوا المحاصيل يجب عليهم استعمال بذور ذا نوعية عالية (انباتها ممتاز وحيويتها وقوتها ..... الخ) بهدف الوصول الى تاسيس سريع للنباتات في الحقل ، فالتاسيس الضعيف (ينتج عنه بقع عارية من النباتات في الحقل في حين يجب ان تغطي هذه البقع بنباتات المحصول . هذه البقع المعراة تنتج عن قلة نسبة الانبات او البزوغ واخيرا تؤدي الى قلة حاصل المحصول . البادرات الضعيفة سيكون نموها وتطورها بطيئا وهذا مايسمح ينمو الادغال التي ستاخذ مكان نباتات المحصول . البذور الرديئة عرضة للاصابة بالامراض او تكون مخلوطة ببذور الادغال وببساطة فان وضع ماهو سيئ كمدخل فالمخرج يكون سيء واخيرا فاننا نحصل ماقد زرعناه فاذا كانت البذور غير جيدة فان اي ادارة نقوم باتباعها لا توصلنا الى انتاجية جيدة وبناءا على ذلك فان اختيار دقيق للصنف المراد زراعته والذي يكون متكيفا لظروف المنطقة المراد زراعته فيها وان تكون بذور ذلك الصنف ذا نسب انبات عالية وحيوية وقوة انبات وبادرات قوية وبذلك يمكن ان تحقق حاصلا عاليا من خلال ممارسات حقلية وادارة مضبوطة ودقيقة لتحقيق بيئة مناسبة لنباتات الصنف لتعطي قدراتها الكامنة في النمو والتطور والحاصل . انتاجية المحصول تبدأ بتاسيس جيد لنباتات المحصول التي تعود بالاساس الى نوعية البذور وظروف مناسبة . فضلا عن نوعية البذور فان البادرات يجب ان تكون موزعة على الارض بطريقة مثالية وهذه يتم تحقيقها من خلال تبني توزيع دقيق للنباتات او مسافات منتظمة في الحقل ، البذار الصحيح يمكن النباتات من ان تنمو بطريقة مثالية دون منافسة تؤثر بشكل معكوس في نموها وتطورها بهدف الانتاجية العالية ان دراسة

هذا الفصل تدفعنا لان ناخذ بنظر الاعتبار اهمية تشريح النبات والحجم النهائي للنبات البالغ، خصائص التربة والتقانات وعوامل اخرى في الحقل المبذور وتوزيع النباتات .

ويمكننا اخذ الملاحظات من معرفة كيف ان نوعية البذور وبيئة الانبات تعد اساسية لتاسيس المحصول وهي مسالة جوهرية لانتاجية المحصول وذلك لسببين رئيسيين هما لاعطاء وادامة كثافة نباتية مثالية وتقليل مشكلة الادغال التي تتفاقم بوجود بقع عارية من نباتات المحصول واخيرا فان الكثافة النباتية تعد المساهم الاكثر اهمية في الحاصل وان اي اختزال للكثافة النباتية ينجم عنه نقصا جوهريا في الحاصل. ان للكثافة النباتية غير المنتظمة وغير المتجانسة والفراغات ضمن السطور تسبب مشكلة جدية لانتشار الادغال وتقليل الحاصل .

طرائق اكثار النباتات Methods of Propagation

اكثار النباتات هي عملية تضاعف لاعداد النباتات سواء كان جنسيا او لا جنسيا او بكليهما . ان الطريقة اللاجنسية للاكثار يمكن ان تقسم الى انواع مختلفة اخرى وكما في الشكل (1.7)



شكل 1.7. طرائق التكاثر للنباتات المنزرعة

تتكاثر النباتات جنسيا بوساطة البذور ولاجنسيا بوساطة الاجزاء الخضرية وان اغلب نباتات المحاصيل تنتج بذور ذات حيوية تكتسب اهمية لاستعمالها في الزراعة فالتي تستعمل لاكثار النباتات تسمى بذور (seed) اما البذور التي تستعمل لاغراض التغذية البشرية اوالحيوانية فتسمى حبوب (grains) . النباتات التي لا تنتج بذور يكون اكثارها عن طريق الاجزاء الخضرية . قصب السكر يزرع عن طريق قطع السيقان التي تسمى عقل (sets) كما ان هناك انواع من الحشائش العلفية تتكاثر بشكل رئيس بوساطة اجزاء (قطع ساقية) او قصاصات جذرية (rooted slips) والقصاصات الجذرية تكون عبارة عن عقد قاعدية للساق ذات جذور قليلة . الدرنات تستعمل كمادة لاكثار البطاطا . المحاصيل التي تتكاثر بالاجزاء الخضرية تحتاج الى كميات كبيرة من التقاوي . يعد التطعيم و التبرعم والترقيد طرائق تستعمل كذلك في اكثار النباتات البستنية .

البذرة Seed

اختيار البذرة Selection of Seed

لقد اصبح هناك اهتماما كبيرا في عملية انتخاب واختيار البذور اذ ان البذور المعدة للزراعة يجب ان تخضع لشروط معينة تتطلبها عملية زراعة المحصول وانتاجيته ومن الشروط تلك :-

1- يجب ان تعود البذور الى صنف او تركيب وراثي معروف تم اعتماده وفق طرائق تربية وتحسين المحاصيل المعروفة .
2- ان تكون البذور خالية من الخلط ببذور لاصناف او تراكيب وراثية اخرى او ادغال .
3- ان تكون ناضجة وتطورها جيد ومكتمل .
4- ذا نسبة انبات عالية واجنتها ذا حيوية عالية وقوة كبيرة وتعطي بادرات سليمة .
5- ان تكون خالية من المسببات المرضية والافات .

البذور الجيدة تكتسب اهمية رئيسة في الزراعة بل هي في طليعة الامور المهمة ، فالبذور يجب ان يكون انباتها سريعا ومتجانسا وبزوغها يجب ان يكون فوري ونشط وذا نمو خضري مبكر وذات قوة وحيوية ، فالانتاج الجيد للمحصول يبدأ من البذرة (الزراعة) وينتهي بها (الحصاد) .

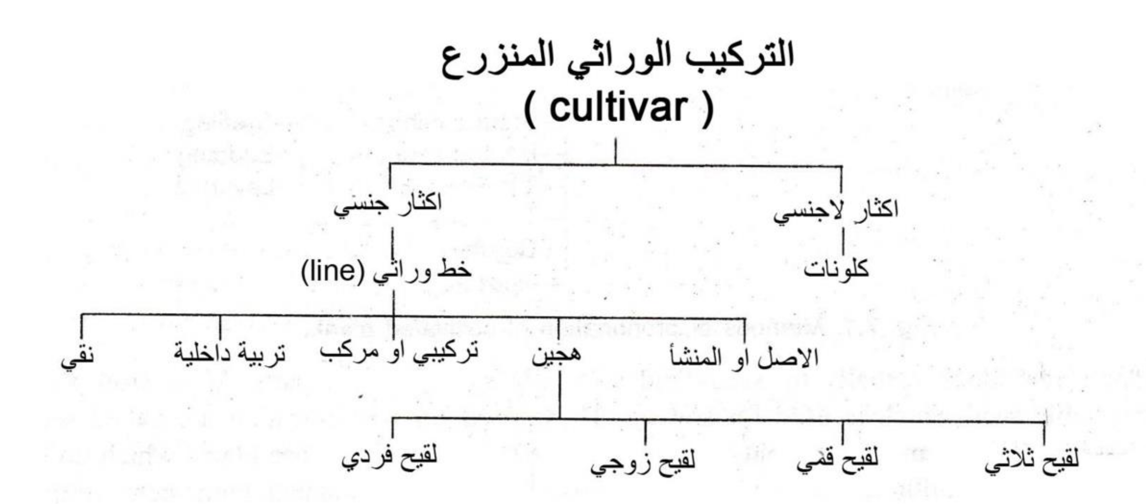
التراكيب الوراثية الزراعية Cultivars

التركيب الوراثي المعد للزراعة (cultivar) هو صيغة تعبر عن الصنف (variety) الذي يستعمل في الزراعة . فالـ Cultivar مرادف للـ Variety والصنف Variety هو تحت قسم (subdivision) للنوع (species) مع بعض الخصائص المعينة . هناك مثلا اصناف عدة في الرز *Oryza sativa* كصنف IR8 وياسمين وعنبر 33 .... الخ وكل صنف من هذه الاصناف له خصائص معينة تميزه عن الصنف الاخر مثل نمط التفريع او ارتفاع النبات او مدة النضج او النوعية او كمية الحاصل .... الخ والتركيب الوراثي يكون كذلك مجتمع نباتي ذو مواصفات معينة لكن استدامته لتتم اصطناعيا بوساطة جهود الانسان واعطائه اسما . ان تراكيب وراثية عدة لا يمكنها الاستمرار لكي تبقى من دون جهود الانسان . التركيب الوراثي يجب ان يعطي اسما بحيث يستطيع المزارع تمييزه عن التراكيب الاخرى والتداول لذلك التركيب يجب ان يتم حصرا تحت ذلك الاسم كما ان افراد ذلك التركيب يجب ان تنتمي جميعها اليه اي ان الاسم ينطبق على اي فرد من افراد المجتمع النباتي للتركيب الوراثي قيد التداول .

فئات التراكيب الوراثية Categories of Cultivars

السلالة او الخط النقي (line) هي تركيب وراثي تكاثر جنسيا ويتم اكثاره بالبذور وان الفئة الاساسية هي السلالة التي هي عبارة عن مجتمع نباتي من نباتات مكثرة بالبذور التي يمكن ان تكون تغايراتها الوراثية تحت السيطرة ومتجانسة وتتم

استدامتها لتكون قياسية لذلك التركيب الوراثي . مربوا النبات يقومون بتربية طرز مختلفة من السلالات المكثرة بالبذور التي تتطلب طرائق خاصة لانتخاب ابائها واستعمال طرائق انتاج البذور لاستدامتها . هذه الفئات من التراكيب الوراثية تتضمن السلالات النقية (pure lines) والسلالات الملقحة ذاتيا والسلالات التركيبية والمركبة والسلالات الهجينة كما في الشكل (2.7)



شكل 2.7. فئات التراكيب الوراثية

اضافة الى ذلك فان خلائط معينة فضلا عن متغايرات طبيعية التي تعرف على انها Provennces يمكن ان تصنف على انها تراكيب وراثية . التراكيب الوراثية المستنبطة لا جنسيا يمكن اكثارها بطرائق خضرية مختلفة مثل الاقلام والعقل والتطعيم ومثل تلك التراكيب الوراثية تسمى الكلونات (clones) .

التكاثر الجنسي يحدث من خلال عملية التلقيح التي هي عملية انتقال او نقل حبوب اللقاح من المتك الى مدقة الزهرة . التلقيح يكون بنمطين اما ذاتي او خلطي والتراكيب الوراثية الذاتية التلقيح يمكن اكثارها بالبذور مع وجود تغايرات قليلة ربما تحدث عندما يزرع المحصول بمسافات قريبة مع تراكيب وراثية لها قرابة معه .

ان السلالة او الخط النقي هي واحد من الفئات الرئيسة للتراكيب المعدة للزراعة وهي مجتمع نباتي ذا تلقيح ذاتي وتجري عليها عمليات الانتخاب للمحافظة على صفاتها القياسية من خلال استبعاد الطرز الغريبة والشاذة وتثبت صفاتها (تنقية صفاتها) ذلك خلال اجيال متعاقبة عدة من التقليح الذاتي . اذا ماكان المجتمع النباتي يتشكل من نباتات متجانسة وراثيا (تشابه وراثي) والذي يسمى (homozygous) يطلق عليه سلالة او خط نقي .

انتاج بذور التراكيب الوراثية خلطية التلقيح تجابه مشاكل اكثر من التراكيب الذاتية التلقيح اذ تنمو التراكيب الوراثية الخلطية لتكون متغايرة وراثيا (heterozygous) الى حدود معينة .

سلالات التربية الداخلية (inbred lines) هي تراكيب وراثية تتم تربيتها من خلال فرض عملية التلقيح الذاتي على اباء منتخبة وحيث يستمر انتخاب الافراد ذات الصفات المرغوبة ولاجيال متعاقبة عدة ليتوفر لدينا تركيب وراثي منتخب ذات مواصفات مرغوبة يتم استدامته بزراعته بمسافات عزل مناسبة والسماح له بالتلقيح الذاتي او الخلطي وبشكل طبيعي .

التراكيب الوراثية التركيبية تتالف من نباتات انتجت عن طريق جمع عدد من الافراد المتباعدة وراثيا الا انها متشابهة مظهريا التي سمح لها بالتزاوج بينها عشوائيا بالتلقيح الخلطي .

اما السلالات الهجينة (hybrid line) التي تسمى F1 فهي الجيل الاول لتلقيح سلالتين مرباة داخليا . التهجين ربما يتحقق بين سلالتين مرباة داخليا (لقيح فردي) او بين هجينين فرديين (لقيح زوجي) . ان اي سلالة مرباة داخليا يتم تلقيحها مع تركيب وراثي (تلقيح مفتوح) يسمى التلقيح الناتج (تلقيح قمي) او مايسمى (top cross) او بين لقيح فردي وسلالة مرباة داخليا فينتج عنها لقيح ثلاثي (three – way cross) .

انتاج البذرة Seed Production

تعد نقاوة البذور مهمة جدا ويتم استدامتها من خلال برنامج انتاج البذور ، ان عدم نقاوة البذور تحصل بشكل رئيس نتيجة للتلقيح الخلطي او نتيجة للخلط الميكانيكي للبذور . ان تنقية البذور تتحقق من خلال عمليات العزل والغربلة والاستبعاد والتنقية الميكانيكية .... الخ .

العزل Isolation :- منع تلوث البذور ببذور غريبة بوساطة التلقيح الخلطي وتتحقق من خلال عمليات العزل بمسافات معينة وهي اول عملية يتم انجازها لمنع عمليات التلوث للبذور المنتجة او يمكن ان تعمل عمليات تغليف للنباتات او عمليات ازالة الازهار الذكرية او تغليف الازهار الانثوية وتلقيحها اصطناعيا او استعمال السلالات العقيمة ذكريا وهناك مسافات معتمدة لعملية العزل التي تتبع في انتاج بذور المحاصيل التي تحددها طبيعة النوع وطريقة التلقيح وكما في الجدول (7 . 1) .

جدول 7 . 1 : اقل مسافة تتطلبها عملية انتاج البذور لفئات البذور المختلفة

نوع التلقيح	المحصول	بذور الاساس	البذور المسجلة	البذور المصدقة
تلقيح ذاتي	ذرة ، الحنطة ، شعير ، رز ، شوفان ، فستق الحقل ، فول الصويا ، لوبيا	الحقول يجب ان تفصل بحدود واضحة		
تلقيح ذاتي مع وجود نسبة من التلقيح الخلطي	قطن (الابلاند) قطن (المصري)	30م للاصناف ذات الاختلافات الواضحة 400 م	400 م	200 م
تلقيح خلطي بوساطة الحشرات	الطماطة الدخن البصل	60 م 400 م 1600 م	30 م 400 م 800 م	9 م 200 م 400 م
تلقيح خلطي بوساطة الرياح	الحشائش	273 م	91م	50 م

ان عمليات عزل التراكيب الوراثية المختلفة تكون ذات اهمية مطلوبة لانتاج البذور للمحاصيل ذاتية التلقيح وذلك لمنع عمليات الخلط الميكانيكي للبذور خلال عمليات الحصاد . ان اقل مسافة غالبا ما تتبع بين الالواح هي 3 م .

الازالة (الاستبعاد) Roguing :- النباتات الغريبة يجب ان تزال وتستبعد من الحقل قبل ازهارها وذلك لتجنب عملية التلويث ببذور النباتات الغريبة والتي ربما تزداد وتهيمن لان الجينات المتنحية تكون موجودة في حالة عدم التجانس الوراثي (heterozygous) بدرجة اعلى مما في حالة التجانس الوراثي (homozygous) النباتات الغريبة التي تبقى من بذور المحصول السابق او البذور المنتجة من المحصول الابكر في الزراعة التي تشكل مصدر اخر للتلويث . المراقبة الدقيقة والمنتظمة المستمرة لحقول انتاج البذور بوساطة اشخاص مدربين وذوي خبرة يكون ضروري جدا .

تصديق البذور Seed Certification :- وكالات تصديق البذور تقوم بعمليات تنظيم انتاج البذور التجارية وللمحاصيل المختلفة . الهدف الاساسي لتصديق البذور هو لحماية النوعيات الوراثية للتراكيب الوراثية المعدة للزراعة فضلا عن استدامة النوعية للبذور . بذور المربي (breeder seed) التي يتم تاصيلها من قبل مربوا النبات او المراكز البحثية التي تعد المصدر الذي تستهل به عملية انتاج البذور من خلال الخطوات المتسلسلة وانتاج الرتب اللاحقة . بذور الاساس (foundation seed) هي ذروة بذور المربي كذلك تكون مسيطر عليها وممسوكة باليد تحت الاشراف لاستدامتها باعلى المواصفات القياسية من ناحية هويتها الوراثية ونقاوتها . بذور الاساس يتم انتاجها تحت اشراف اشخاص ذوي خبرة و دراية فنية . البذور المسجلة (registered seed) هي ذرية بذور الاساس وفي بعض الاحيان فان بذور المربي يتم اعادة انتاجها من البذور المسجلة تحت مواصفات نوعية معتمدة من قبل وكالات التصديق .

البذور المصدقة (certified seed) هي ذرية البذور المسجلة وفي بعض الاحيان بذور المربي او بذور الاساس التي تنتج بكميات كبيرة يمكن ان توزع على المزارعين كما في الجدول (7 . 2) .

جدول 2. 7 .انواع البذور والخصائص

نوع البذور Type of seeds	مصدر البذور Source	المشرف Supervision	الذي يزرعها Grower
بذور المربي	مربي النبات	مربي النبات	مربي النبات
بذور الاساس	بذور المربي	شخص فني	المؤسسات والمراكز
البذور المسجلة	بذور المربي ، بذور الاساس	زيارات دورية	المزارعون
البذور المصدقة	بذور المربي ، بذور الاساس ، البذور المسجلة	زيارت دورية	المزارعون

نوعية البذرة Quality of Seed

حيوية البذور وقوتها خاصيتين مهمتين لنوعية البذرة . حيوية البذور يمكن ان يعبر عنها بنسبة الانبات التي يعبر عنها عدد البادرات المنتجة من عدد معين من البذور. اما قوة البذور والبادرات فهي قياس صعب . نسبة الانبات القليلة وسرعة الانبات المنخفضة والقوة الضعيفة غالبا ماتكون متلازمة . البذور ذات القوة المنخفضة ربما لاتكون قادرة على مقاومة الظروف غير المناسبة في مهد البذرة . البادرات ربما تفقد قوتها اللازمة للبزوغ اذا كانت البذور مزروعة على عمق كبير او تصلب سطح التربة .

مقياس الانبات يتم بمعيارين هما نسبة الانبات (germination percentage) وسرعة الانبات (germination rate) . القوة تعبر عنها نسبة الانبات المرتفعة وسرعة الانبات العالية وسرعة نمو البادرات . نسبة الانبات هو عدد

البذور النابتة الى عدد البذور المزروعة ويعبر عنها كنسبة مئوية . سرعة الانبات يعبر عنها بطريقتين هما :-

1- عدد الايام المطلوبة لتحقيق نسبة انبات معينة .

2- متوسط عدد الايام المطلوبة لبزوغ الجذير والرويشة .

عموما فان البذور يتم تجفيفها في العراق بتعريضها للشمس . محتوى الرطوبة اثناء الحصاد غالبا ماتكون بين 20 – 30 % لاغلب البذور . ان تجفيف البذور تحت الشمس يجب ان لا تزيد درجة الحرارة عن 40م^0 لكي لا تتاثر حيوية البذور بتعريضها لدرجات حرارة عالية لذلك ففي مثل هذه الحالات يجب استعمال الظل . اما في حالة التجفيف الميكانيكي كما في تجفيف بذور الذرة الصفراء فان البذور تحوي على نسبة رطوبة قد تزيد عن 33% لذا فان تجفيفها يجب ان يكون تدريجيا وبطيئا تحت درجة حرارة 35م^0 ورطوبة نسبية 35% ولمدة 24 ساعة وبعد ذلك يتم تجفيفها سريعا للحصول على رطوبة بذور 10% . ان التجفيف الميكانيكي للبذور الرطبة اذا لم يتم بدقة فانه قد يعرض الاجنة الى الاضرار وبالتالي تنخفض نوعية البذور او تتعرض البذور الى التكسر .

انتاج بذور فستق الحقل تتطلب ادارة باعتناء لعوامل عدة التي ربما تؤثر في نوعيتها فعلى سبيل المثال وجود ماء بكميات كافية مع كالسيوم جاهز خلال مرحلة امتلاء القرنات و الحصاد بعد النضج التام وجمع القرنات وتفريطها وخزنها تحت درجات الحرارة الموصى بها وكذلك مستويات مناسبة لرطوبة البذور مع تغطية تحت ظروف مناسبة سيكون اقل مايمكن من الاضرار الميكانيكية . اختبارات قوة البذور ربما تستعمل لتحديد قابلية البذور للخزن ومدى ملائمتها للزراعة . الاختبارات التي ربما نستطيع من خلالها تقييم نوعية البذور ومعرفة ادائها خلال 24 ساعة الانبات القياسي واختبارات الانبات تحت نوع من الاجهاد تتطلب من 7 الى 12 يوم . تحليل الكالسيوم يمكن تضمينه على انه طريقة اختبار سريع لتقييم نوعيتها .

اختباري التترازوليوم والتوصيل الكهربائي تمكننا من تقويم السمات والمظاهر لسلامة الانسجة . اختبار الانبات القياسي الذي يعطي نسبة اكبر من 85% فان ذلك مؤشرا يمكن من خلاله اعتبار البذور بانها ذات قوة عالية .

ان عمليات الحث على التعمير واختبارات الانبات البارد (cold germination tests) هما نوعين من طرائق الاختبار (للاجهاد) واللذان يعدان مؤشرات جيدة لتحديد قوة البذور . اجراءات الحث على التعمير تعد توصية جيدة لاستعمالها في محاصيل عدة ويمكن ان تزودنا باختبار جيد يعول عليه . عندما لا يمتلك المنتج مختبرات كبيرة الحجم لاجراء اختبار الانبات البارد مع مقارنة ادائه (الحث على العملية) مع اختبار الانبات القياسي . رغم ان طرائق الاختبار المختلفة تمارس لتقويم معايير مختلفة من قوة البذور لذا فان التوصية الى ان الجمع بين تحليل الكالسيوم واختبار الانبات القياسي واختبار القوة تحت الاجهاد تزودنا بمعلومات ادارة جيدة لبذور المحاصيل وتعد بذور فستق الحقل مثالا مناسبا لتلك الاختبارات .

الاكثار الخضري Vegetative Propagation

النباتات يمكن ان تتكاثر خضريا التي تعني الاعتماد على اجزاء نباتية محورة مثل الابصال والكورمات والدرنات والجذور الدرنية والسيقان والرايزومات والابصال الكاذبة . اذ تمتلك النباتات اجزاء نباتية محورة التي تكون بشكل عام نباتات عشبية معمرة اذ تموت اجزائها الخضرية في نهاية موسم النمو ويبقى النبات في الارض في حالة سكون اذ ان العضو اللحمي يضم براعم لتنتج اجزاء خضرية جديدة في موسم النمو القادم .

البصلة (Bulb) هي اعضاء خاصة تحت الارض تضم محورا لحميا شاقوليا يحوي في قمته النامية نقطة نمو مغطاة بحرشفة لحمية سميكة . البصل يتكاثر بوساطة هذه الطريقة .

الكورمة (Corm) هي قاعدة محورة لساق منتفخة مغطاة بحرشفة جافة تشبه الاوراق وبناءا على ان الحراشف الورقية هي السائدة في الابصال فالكورمات تكون عبارة عن سيقان صلبة التركيب مع عقد واضحة وسلاميات . تكاثر النباتات الكورمية يكون اساسا بوساطة الزيادة الطبيعية للكورمات الجديدة . نباتي الكلاديوس والامرليس يتكاثران بهذه الطريقة . اما الدرنات فهي نوع خاص من السيقان المنتفخة المحورة التركيب التي تعد عضو الخزن تحت الارض . البطاطا تعد المثال الاكثر للدرنات التي تنتج نبات والتكاثر بوساطة الدرنات يمكن انجازه سواء بزراعة الدرنة كلها او تقطيعها الى مقاطع كل قطعة تحوي على واحد او اكثر من البراعم .

الجذور الوتدية (Tap Roots) تنتج بوساطة مختلف الانواع النباتية المعمرة التي تظهر كتلة متطاولة من جذور ثانوية والنموذج المثالي لها هي البطاطا الحلوة والداليا .

الرايزومات (Rhizomes) هي سيقان متخصصة تتركب على محور الساق براعم تنمو فوق سطح الارض معطية اجزاء خضرية وتحت الارض تعطي جذور مثال عليها قصب السكر والموز والحشائش التي تتكاثر بالرايزومات مثل الثيل .

الاكثار الدقيق Micropropagation

الاكثار الدقيق يتضمن انتاج نباتات من اجزاء نباتية صغيرة جدا او انسجة او خلايا نامية بشكل منفصل في انابيب اختبار او حاويات اخرى تحت ظروف بيئية وتغذوية مسيطر عليها . زراعة الانسجة مثل الكالس ، الخلايا المفصولة (cell suspension) والاعضاء النباتية المختلفة (السيقان او الازهار او الجذور او الاجنة) في اوساط غذائية صناعية تعرف هذه التقانة بزراعة الانسجة (tissue culture) . زراعة الانسجة تكون احيانا مرادفة لما يسمى الاكثار الدقيق (micropropagation) تقانات زراعة الانسجة تستعمل للاكثار واعادة توالد النباتات على المستوى التجاري . ان الميزة الرئيسة للاكثار الدقيق هي :-

1- اكثار سريع لكتلة لاعداد كبيرة من الكلونات .

2- انتاج بادرات خالية من الامراض .

ان التضاعف السريع يكون ذا فائدة خاصة لاغراض :-

1- تراكيب وراثية جديدة او محسنة قابلة لادخالها في التجارة .

2- الاصول الابوية لانتاج بذور الهجن . نباتات الاصول تكون كافية لاستعمالها في الانتاج خلال سنة واحدة بدلا من اربع الى خمس سنوات . الاكثار الدقيق يعطي الامكانية لاكثار البذور خلال السنة ولا علاقة له بالموسم . وعلى اية حال فان هناك محددات في موضوع الاكثار الدقيق اذ يحتاج الى مستلزمات واجهزة التي قد تكون غالية الثمن وتحتاج الى خدمات واشخاص يمتازون بمهارات عالية .

انواع اعادة التوالد Types of Regeneration

هناك خمس انواع اساسية لاعادة الانتاج الخضري للاجيال في انطمة زراعة الانسجة :-

1- استطالة النهاية المستدقة للساق الرئيسي .

2- انتاج الجزء الخضري المحوري .

3- نشوء الاجزاء الخضرية العرضية .

4- تخليق الاعضاء Organogenesis .

5- تخليق الاجنة Embryogenesis .

ان كل من الاكثار الدقيق وانظمة زراعة الانسجة تبدأ باخذ قطعة صغيرة جدا من النبات يجب ان تكون خالية تماما من التلوث بالكائنات الدقيقة لتوضع في الوسط الزرعي . ان الجزء النباتي الذي يستعمل لبدء عملية اعادة التوالد يسمى نبيتة (explant) .

الجزء الخضري الجديد او الكالس هو تلك النبيتة المنتجة بوساطة التضاعف (Poliferation) التي تقسم الى اكثاريات التي ينتج عنها تضاعفات اضافية (التضاعف الاضافي) . وحالا فان جذور جديدة او اجزاء خضرية جديدة ستتطور وان نبيتات جديدة سوف تنتج . هناك اربع مراحل متسلسلة يمكن تمييزها في انظمة الاكثار الدقيق وهي :-

1- التاسيس Establishment.
2- التضاعف Multiplication.
3- قبل الشتلات Pretransplants .
4- الشتلات Transplants .

ان التتابع لتلك المراحل يعد حالة متلازمة وضرورية لبعض الانواع ولانواع اخرى فان هذا التتابع ربما يتغير . ان الوسط الغذائي له وظيفتين رئيسيتين هما :-

1- تجهيز المغذيات الضرورية لنمو النبيتات وبالتالي للاكثاريات .
2- للنمو المباشر والتطور من خلال السيطرة الهرمونية .

ان مجموعة الهورمونات الرئيسة التي تستعمل هي الاوكسينات والسايتوكاينينات والجبرلينات وحامض الابسيسك . السيطرة الهورمونية تمارس بوساطة :-

1- نوع الهرمون او منظم النمو المستعمل .
2- التركيز ومايتبعه في اي مستوى تتم اضافته .

النباتات المختلفة ربما تستجيب بطريقة مختلفة للسايتوكاينينات المختلفة والاوكسينات ويعود ذلك بشكل رئيس الى محتواها الهورموني الطبيعي .

تقانات الاكثار الدقيق Techniques of Micropropgation

ان وسيلة الاكثار الدقيق يجب ان تتضمن :-

1- تحضير الوسط Preparation .

2- نقل الوسط Transfer area .

3- زراعة الوسط Growing area .

ان تحضير الوسط يكون لـ

1- تنظيف الزجاجيات .

2- تحضير وتعقيم الوسط الزرعي .

3- خزن الزجاجيات والتجهيزات .

ان نقل الوسط هو تعقيم المكان عندما يتم وضع بادئات النبات في دوارق الوسط الغذائي وينتج عنها نبيتات لتزرع على اوساط معاد تحضيرها . اما مكان الزراعة يجب ان يحوي على وسائل وادوات وتتم السيطرة فيه على الضوء والحرارة .

الوسط الغذائي Medium

تقسم مكونات الوسط الى مجاميع وكما ياتي :-

1- الاملاح اللاعضوية .

2- المركبات العضوية .

3- المكونات الطبيعية المعقدة .

4- حوامل خاملة .

الاملاح غير العضوية تجهز الوسط بالمغذيات التي تحتاجها النباتات التي يكون بعضا منها نترات الامونيوم ، نترات البوتاسيوم ، نترات الكالسيوم وكبريتات البوتاسيوم ، منغنيز ، خارصين ونحاس .

المركبات العضوية التي تستعمل في الوسط هي الكاربوهيدرات والفيتامينات والهورمونات . السكروز بتركيز 4% يستعمل لاغلب انواع الاوساط الزرعية .

الكلكوز يستعمل لذوات الفلقة الواحدة . والفركتوز وحتى النشأ يستعملان بمدد متعاقبة ومن بين الفيتامينات هو الثيامين (0.1 الى 0.5 ملغم / لتر) الذي يكون ضروري وحامض النيكوتين والبايرديوكسين التي تكون مطلوبة لبعض الانسجة النباتية .

فيتامينات اخرى تستعمل مثل انوسيتول وحامض البنتاثوثنيك والبايوتين . ان اكثر الهورمونات شيوعا في الاستعمال هي مجموعة الاوكسين وهي النفثالين اسيتيك اسد (NAA) والاندول بيوتريك اسد (IBA) ، 2 , 4 – D واندول استيك اسد (IAA) . السايتوكينينات الشائعة هي BA ، الكاينتين ، الزياتين ، الهورمونات تستعمل بتراكيز 0.01 الى 10 ملغم / لتر .

المكونات الطبيعية المعقدة مثل حليب جوز الهند ، المولت ، مستخلص الخمائر وعصير الطماطة وعصير البرتقال تستعمل لتثبيت الاوساط الزراعية . الاكار هو مادة خاملة تستعمل لدعم الوسط الزرعي ، المحلول المغذي بدون الاكار له فائدة لبعض النباتات وذلك بتحسين عملية اخذ المغذيات .

تحضير الوسط Preparation of Medium

يستعمل الماء المقطر الاعتيادي روتينيا في عمليات الاكثار الدقيق التجارية . دوارق وبيكرات زجاجية كبيرة تستعمل لغرض تحضير الوسط الغذائي وان نصف الكمية من اقسام المكونات من قنينة الاصل (stock) تضاف بمساعدة الماصة او اسطوانة مدرجة . درجة التفاعل (pH) يتم تعبيرها باضافة اما واحد عياري من HCl او واحد عياري من NaOH . الاكار يتم اضافته وعندما يتم عمل المحلول بحجم معين وذلك باضافة الماء . عندئذ يتم التسخين في جهاز التعقيم (الموصدة autoclave) في درجة حرارة 121م^{0} لمدة 3 – 7 دقيقة او على حمام حار وذلك لصهر الاكار وحيث تستمر عملية التحريك للمحلول لمنع الاكار من ان يترسب مرة اخرى او يحترق . بعدها يتم نقل المحلول الاخر ليوزع في حاويات يتم غلقها بسدادات

حالا وتعقم في جهاز التعقيم لمدة 10 – 20 دقيقة في درجة 121 م^0 وان هذا الوسط يتم استعماله خلال مدة لاتزيد عن اسبوعين .

زراعة الوسط Growing Culture

التاسيس (establishment) والتضاعف (multiplication) وقبل نقل النباتات (pre-transplanting) ونقل النباتات (transplanting) هي اربع خطوات مهمة في عملية الاكثار الدقيق . في الخطوة الاولى هذه فان النبيتة توضع في الوسط الزرعي ومن الضروري اعطاء المحفزات لمضاعفة النبيتة .

الوسط الغذائي يتم اختياره باختلاف الانواع والتركيب الوراثي ونوع النبيتة المستعملة في الزراعة الاكثارية الدقيقة . ان السيطرة على التطور تتم بوساطة ضبط مستويات الاوكسينات والسايتوكاينينات واذا ما كان الجزء الخضري المحوري مرغوبا فيه فان مستويات معتدلة من السايتوكاينينات (0.5 الى 1.0 ملغم / لتر) تستعمل . مستوى الاوكسين يتم السيطرة عليه تحت مستويات واطئة جدا (0.01 الى 0.1 ملغم /لتر) او استبعاده تماما .

لتنمية اجزاء خضرية عرضية من النبيتات من الاجزاء الخضرية المفصولة ، الاوراق ، الفلقات .... الخ فان مستوى عالي من السايتوكاينينات نحتاجها في هذه الحالة . ولتكوين الكالس فان مستويات عالية من الاوكسين تستعمل كذلك وعادة مانحتاج من 4 – 6 اسبوع لاكمال مرحلة التاسيس وانتاج نبيتات جاهزة لنقلها الى المرحلة الثانية .

ان نوع الوسط لاغراض التضاعف يعتمد على طبيعة الانواع والتراكيب الوراثية ونمط الزراعة . عدد الاكثاريات (propagules) المنتجة لغرض النقل تختلف من 5 الى 25 او اكثر لكل نبيتة . مرحلة التضاعف يتم اعادتها لمرات عدة وذلك لتكوين المادة التي يتم تجهيزها وبمستويات تم تقديرها مسبقا لغرض عملية

التجذير اللاحقة ونقل النبيتات . الغرض من الخطوة الثالثة هو لاعداد النبيتات لاغراض نقلها من الوسط الصناعي لانابيب الاختبار الذي تكون فيه رمية التغذية الى الحياة الذاتية التغذية في البيت الزجاجي اذ تصبح النبيتات بادرات قادرة على تصنيع غذائها بعملية التركيب الضوئي . ان الاكثاريات يجب تعريضها للمحفزات بهدف انتاج الجذور التي تساعدها في امتصاص الماء والمغذيات والاوراق لتقوم بعملية التركيب الضوئي .

في المرحلة الاخيرة لعملية النقل فان النبيتات المتجذرة وغير المتجذرة يتم ازالتها من الوسط الزرعي ويغسل الاكار عنها بالماء الجاري تماما وتنقل النبيتات الى تربة معقمة في سنادين صغيرة ويجب حماية النبيتات من الجفاف اولا لذا يجب وضعها تحت ظل ورطوبة عالية . ربما تحتاج ايام عدة لكي تكون الجذور الوظيفية الجديدة وحال تاسيس النبيتات في وسط التجذير يتم تعريضها تدريجيا الى رطوبة اقل وشدة اضاءة اعلى وهكذا يتم اقلمتها للظروف الحقلية .

تحليل البذور Seed Analysis

تاسيس محصول جيد يبدأ من بذور جيدة . في النظم الاقتصادية الاقل تطورا ، فان منتجو المحاصيل غالبا ما يحتفظون ببذور من المواسم الحالية لزراعتها في الموسم القادم . المزارع عادة ما يحتفظ بالبذور من النبات ذات الصفات الاكثر مناسبة (مثل الكبيرة ، ثمار كبيرة ، اعداد كبيرة من الثمار) . في حالة النباتات الخلطية التلقيح (تاخذ حبوب لقاح النباتات الاخرى المجاورة) مثل الذرة الصفراء . المزارع سيكون له باستمرار تبديل الصنف (التركيب الوراثي) سنة بعد سنة .

في البلدان المتقدمة تقنيا ، المزارعون عادة ما يشترون بذور كل موسم زراعي من الشركات المتخصصة لذا فان نقاوة الاصناف هي نفسها من موسم لاخر . في مثل هذه الحالة ، منتج المحاصيل عليه ان يشتري البذور من مصدر حسن السمعة .

المحصول الجيد القائم في الحقل وذات التاسيس الجيد يعتمد على نوعية البذور المزروعة والظروف التي تمت زراعة تلك البذور فيها . كيف يمكن للمرء معرفة ما اذا كانت البذور المشتراة ذات نوعية عالية ؟ اختبار البذور (Seed testing) هو الاجراء المهم لجمع المعلومات ذات الصلة بالبذور ، والمتعلقة بقدرتها لتاسيس بادرات جيدة .

اجراءات واختبارات عدة تتبع لاختبار البذور وفحصها وغالبا ما تكون اشارات اختبار البذور هي التي تمدنا بالمعلومات لخمسة جوانب رئيسية لنوعية البذور (الحيوية Viability ، النقاوة Purity ، القوة Vigor ، صحة البذور Seed health ، وجود بذور الادغال الضارة Presence of noxious weed seed) .

اختبار حيوية البذور Seed Viability Testing

هناك معاني مختلفة للحيوية الا انه لمنتج المحصول ، فان البذرة الحيوية هي تلك البذرة القادرة على الانبات لانتاج بادرات صحية طبيعية . وهذه ليست كافية لانسجة البذور لتكون حية : البذور يجب ان تكون قادرة على النمو لانتاج بادرة . هناك تقانات عدة تحت الاستعمال لفحص الحيوية:-

1- معيار اختبار الانبات القياسي Standard Germination :- معيار اختبار الانبات القياسي مطلوب قبل بيع البذور التجاري للمزارعين . هناك تقانات عدة لتطبيق هذا الاختبار ، يتضمن اختبار اطباق بتري (petri dish test) واختبار النشاف الملفوف (rolled – towel test) اذ توضع البذور على مادة ماصة في الطبق . البذور الصغيرة ربما توضع بين طبقتين من المادة الماصة . في اختبار النشاف الملفوف ترتب البذور في صفوف وبعد ذلك تلف بورق النشاف .

انواع اخرى من المواد الماصة يمكن ان تستعمل مثل الرمل والقطن . كل المواد والماء اللتان تستعملان لترطيب الوسط يجب ان تكون معقمة من اجل تقليل

حدوث نمو الاحياء الدقيقة الملوثة . بعد وضع البذور في الوسط الملائم ، المواد الملفوفة توضع في المنبتة على رطوبة نسبية مقدارها 90% او اكثر ودرجة حرارة 20م^0 لمدة 16 ساعة يتبعها المزيد من التعرض لمدة 8 ساعات تحت درجة حرارة 30م^0 لمدة اسبوع او لاسابيع عدة .

عمليات الحساب تتم بوساطة تقسيم البادرات الى فئات مختلفة مثل بذور طبيعية صلبة (غير متشربة) ، بذور ساكنة (تشرب بدون انتشار تام) ، بذور غير طبيعية (بادرات مشوهة) وبذور ميتة او بذور متفسخة .

2- اختبار التترازوليوم Tetrazolium Test :- هذا الاختبار هو قياس لوني ففي أي تفاعل كيمواحيائي بسبب تغير لون محلول الاختبار تحت ظروف معروفة انزيمات معينة (بضمنها انزيم dehydrogenase) يصبح فعالا عندما تكون البذور حية (نسيج حي) تتشرب بالماء (hydration) وتبدأ بالتنفس . ايونات الهيدروجين تتحرر عندما يعمل الانزيم اعلاه على المواد الاساسية (نسيج البذور مثل الفلقات) . التترازوليم هو محلول عديم اللون (2,3,5 – triphenyltetrazolium chloride) ولكن يتغير لونه الى الاحمر في المركب السائل الذي يدعى فورمازين (formazan) على اساس عملية اختزال ايونات الهيدروجين . البذور الحية التي تتنفس تغير اللون الى الاحمر . البذور الميتة او التي لا تتنفس تبقي المحلول عديم اللون .

قيم النتائج لهذا الاختبار تكون على اساس اصطباغ النموذج الماخوذ من النسيج وتسمى (طوبوغرافية التصبيغ topographical staining) . الاصطباغ الكامل للفلقتين في ذوات الفلقتين او الجنين في ذوات الفلقة الواحدة يشير الى ان البذور لها القابلية على الانبات . يعتقد بان البذور تبقى لها القابلية على الانبات اذا كانت اطراف الجذير او الفلق غير مصطبغة (طاهرة) . الجنين غير المصطبغ كليا او الفلقات هو دليل على عدم القابلية على الانبات .

يعد اختبار التترازوليم اختبارا سريعا وفعالا . البذور تنقع اولا بالماء لمدة 24 ساعة وبعدها تشرح طوليا مرورا بالجنين ، بعد ذلك الشرائح تنقع في 0.1% من كلوريد التترازوليم لمدة ساعة واحدة . هذا الاختبار يبقى صعبا لتسجيل وتفسير صحيح من دون وجود الخبرة الواسعة .

اختبار نقاوة البذور Seed Purity Test

تعرف نقاوة البذور على انها نسبة البذور النقية (فقط البذور ذات النوع المرغوب ومن دون ملوثات) في نموذج البذور الذي تم فحصه . الملوثات هي كما ياتي :-

1- **بذور لمحاصيل اخرى Seed of other crops :-** على سبيل المثال بذور فول الصويا ربما نجدها مخلوطة مع بذور الذرة الصفراء اذا لم تنظف الحاصدة بشكل جيد بعد حصاد فول الصويا قبل الذرة الصفراء .

2- **بذور ادغال Weed seed :-** وجود بذور الادغال خصوصا الضارة منها يجب ان يلاحظ . الادغال الضارة (noxious weeds) وهي تلك الادغال غير المرغوب فيها وصعبة المكافحة . وهذه يمكن ان توضع في فئتين : الادغال الضارة الاولية تدعى الادغال المحظورة (prohibited weeds) والادغال الضارة الثانوية التي تسمى الادغال المقيدة او المحدودة (restricted weed) . الادغال المحظورة هي التي لاتطاق (لا تحتمل) والتي تمنع كمية البذور من ان تباع .

3- **مواد خاملة Inert matter :-** تتضمن المواد (تسمى مجتمعة المواد الغريبة) مثل الحصى الصغيرة ، قطع الخشب او المواد النباتية الاخرى والاتربة وبراز الحيوانات .... الخ.

البذور الحية النقية Pure Live Seed (PLS)

البذور الحية النقية (PLS) هي النسبة المئوية من بذور الصنف المرغوب التي لها القابلية على الانبات (التي سوف تنبت) . هي وظيفة كلا من نسبة النقاوة ونسبة الانبات وهي تحسب كالاتي :-

$$\text{البذور الحية النقية (PLS)} = \frac{\text{نسب الانبات \%} \times \text{نسبة النقاوة \%}}{100}$$

اختبار قوة البذور Seed Vigor Test

أي تعريف عملي لقوة البذور (seed vigor) قد يكون هو خصائص البذور التي تحدد مقدرتها الكامنة لسرعة الانبات ، شكل البزوغ ، تطور البادرات الطبيعية تحت مدى واسع من الظروف الحقلية .

قوة البذور تتاثر بظروف عدة من ضمنها العوامل الوراثية (التقسية التي تعرضت لها البذور ، قوة الهجين) ، والظروف البيئية الخارجية خلال تطور البذور ونضجها حتى الحصاد وفي المخزن كذلك . البيئة ذات درجات الحرارة والرطوبة العاليتين تؤثران سلبا في قوة البذرة . هناك اختبارات عدة لقوة البذرة كالاختبار البارد (cold test) واختبار التعمير المستحث (accelerated aging test) :-

1- **الاختبار البارد Cold Test :-** في هذا الاختبار يوضع نموذج البذور على أي وسط مناسب وبعدها ترتب وتوضع في محيط بارد لحدود 10م^{0} (50 ف^{0}) لمدة 7 ايام . بعد ذلك تعاد في بيئة مستدامة بدرجة 25 م^{0} (77 ف^{0}) لمدة اربعة ايام وتحسب البذور النابتة بعد ذلك .

2- **اختبار التعمير المستحث Accelerated Aging Test :-** في هذا الاختبار فان البذور المتشربة تحفظ في درجة حرارة عالية 45 م^{0}او (113 ف^{0}) برطوبة نسبية عالية (100 %) لحوالي 3 – 4 ايام . بعد ذلك توضع البذور

تحت ظروف انبات مثالية ليحدث الانبات : البذور القوية هي التي تبقى على قيد الحياة بعد هذه المعاملة القاسية .

صحة البذور Seed Health

صحة البذور تقييم لوجود المسببات المرضية و الافات الحشرية على البذور . صحة البذور ربما تحديد مرئي لوجود تغيير لون القصرة او وجود السبورات ... الخ) بعد ان تحضن في بيئة مناسبة لتطور المرض . وربما تحدد صحة البذوربوساطة اختبار كيموحيوي مثل الانزيمات مثل معايرة الامتزاز للانزيم الرابط – Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA).

اضرار البذور الميكانيكية Mechanical Seed Damage

نوعية البذور تتاثر سلبا بوساطة الاضرار الميكانيكية خلال الحصاد وتحميل البذور . الاضرار ربما تشمل تشققات مرئية او تضرر القصرة او الفلقة . بعض الاحيان الجنين ربما يهتز ويتحرك سائبا عن منطقة اتصاله بالفلقة ، الاضرار الفيزيائية للبذور تزيد من تعرضها للتعفن عندما تزرع في التربة ، وينتج عنها تاسيس ضعيف للمحصول . البذور المكسرة يمكن ان تفرز وتستبعد خارجا ويتخلص منها . الاضرار الخفيفة تكون اكثر صعوبة للكشف عنها .

الضرر الميكانيكي للبذور ربما يقيم في مختبر بوساطة نقع نموذج البذور في 0.1% من القاصر المنزلي (sodium hypochlorite) لمدة 15 دقيقة . البذور المتشققة في القصرة ستتشرب بالمحلول والقصرة عندها ستنفصل عن الفلقة .

العوامل التي تؤثر في نوعية البذور

Factors Affecting Seed Quality

ماهو طول المدة الزمنية التي يمكن ان تحفظ البذور بها قبل زراعتها ؟

انتاج بذور المحصول لا ينتهي مع نهاية الحصاد . نوعية البذور تنخفض حالا بعد الحصاد . بعض الانواع اكثر سرعة من الاخرى في انخفاض النوعية فقدان مهم هناك قد يحدث عند وقت الحصاد وكذلك بعد الحصاد (في المخزن) . لاستعمالات معينة لايعنينا ان كانت البذور ذا حيوية ام لا اما للزراعة فان حيوية البذور واجبة (ضرورية) جدا .

تلف البذور ، تشبه بالضبط عملية التعمير فهي غير عكسية وعلى اية حال فانه يمكن جعلها بطيئة . البذرة لا تتلف كل اجزائها بنفس الدرجة (غير متجانسة بالتلف) التلف يبدأ بمستوى فسيولوجي ثم تظهر نفسها على مستوى الشكل الخارجي للبذرة كلها، واخيرا في انبات البذرة ونمو البادرة .

العلامات والمظاهر المرئية للتدهور يمكن ملاحظتها بسهولة في كلا التغيرات الفيزيائية والكيميائية للبذور . فضلا عن ادائها وسلوكها عندما تختبر للانبات . فيزيائيا، غلاف بذرة البقوليات يتغير لونه ويعتقد ذلك نتيجة لتداخلات الحرارة والرطوبة التي تسبب تفاعلات الاكسدة المعروفة التي تحدث في القصرة ، مسببة اللون الداكن للقصرة وضعف جدار الخلية وارتشاح السائل الخلوي وتلف البذور كذلك تسبب فقدان فعالية الانزيم وتتعرض لاختزال في التنفس وعندما تزرع مثل هكذا بذور فان بزوغها يكون بطيئا وذا قوة منخفضة .

عوامل عدة تم حصرها مؤخرا التي من المحتمل انها تسبب تلف البذور ، بضمنها اكسدة الدهون (lipid peroxidation) (تلك التي تحرر جذور حرة) ، تدهور وراثي ، استنفاد المخزون الغذائي وتجمع مركبات سامة . بعض الخزن عادة

نحتاجه للبذور المحصودة سواء كانت ستستعمل للزراعة او في الصناعات . انخفاضا في صفات محددة لنوعية البذور تبدا حالا بعد الحصاد . و يعتمد مستوى الانخفاض على عوامل عدة مختلفة .

عوامل البذور Seed Factors

1- **الظروف الفيزيائية والاضرار الميكانيكية Physiologcal condition and mechanical damage :-** البذور المتضررة (المكسرة ، المتشققة ، مكدومة .... الخ) من عمليات الحصاد والتحميل تكون قابلة للتدهور اكثر . صلابة البذور في الجانب الاخر تساعد في زيادة طول مدة حياة البذور .

2- **العوامل الوراثية Genetic factors :-** صفات مثل صلابة البذور والبذور ذات الاغلفة غير النفاذة التي تكون اكثر شيوعا في انواع معروفة مثل *Lotus Lupinus* هذه الانواع يعرف عنها بان بذورها ذات مدة حياة طويلة ، وتبقى حيوية لمئات السنين وفي الجانب الاخر ، انواع البصل والخس ومحاصيل حقلية اخرى تكون ذا مدة حياة قصيرة . البذور ذات المحتوى العالي من الزيت عموما تعرف بانها قصيرة الحياة (short – lived) وربما اصناف تعود للنوع نفسه تختلف في طول مدة حياتها .

3- **نضج البذور Seed maturing :-** البذور غير الناضجة فسيولوجيا عموما تكون قابلية خزنها اضعف .

4- **حالة التغذية Nutritional status :-** البذور التي فيها نقص في الفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم يكون خزنها اضعف .

5- **رطوبة البذور Seed moisture :-** محتوى البذور من الرطوبة خلال مدة الخزن هي التي تحدد قابلية الخزن . محتوى الرطوبة اقل من 5% واكثر من 14% تشجع تدهور البذور من خلال التنفس ومهاجمة المسببات المرضية

العوامل البيئية Environmental Factors

طول مدة حياة البذور تتاثر بكلا العوامل الاحيائية واللااحيائية :-

1- **العوامل اللااحيائية Abiotic Factors :-** الرطوبة النسبية ودرجات الحرارة هما الاكثر اهمية من ضمن العوامل البيئية التي تؤثر في طول عمر البذور . هذان العاملان يعملان سوية . درجات الحرارة لحوالي 25 الى 30 م^0 مقرونة مع الرطوبة النسبية لــ 80% او اكثر تسبب فقدا اسرع في حيوية البذور لاغلب نباتات المحاصيل . اغلب بذور نباتات المحاصيل تبقى ذات حيوية لاكثر من 10 سنوات ، عندما تخزن في 5م^0 (41 ف^0) و 45 – 50% رطوبة نسبية .

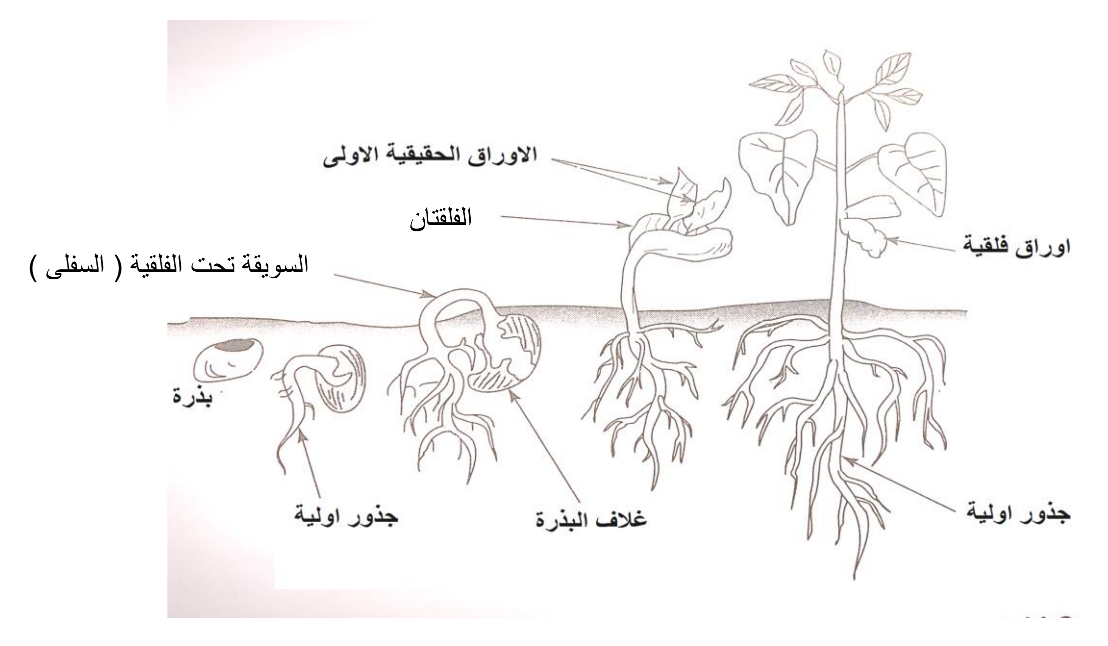
2- **العوامل الاحيائية Biotic Factors :-** الفطريات تزدهر في الرطوبة النسبية العالية (90% او اكثر) وعند محتوى رطوبي للبذور عالي (30% او اكثر) . في المخزن انواع *Penicillium* و *Aspergillus* تنجح في غزو اجنة البذور وانسجتها الاخرى مسببة تدهورها .

انبات البذور Seed Germination

الانبات الجيد للبذور يعد مسالة جوهرية لتاسيس للمحصول القائم . البذور المحتوية على جنين فانها تكافئ نباتا صغيرا ناضجا . الـ AOSA حددت انبات البذور على انه البزوغ والتطور من جنين البذرة لذلك التركيب الاساسي لنوع البذور المطلوبة، والذي يشير الى القابلية على الانبات واعطاء نبات طبيعي تحت الظروف المناسبة . الاشارة الفيزيائية الاولى لانبات البذور هي بزوغ الجذير من خلال غلاف البذرة .

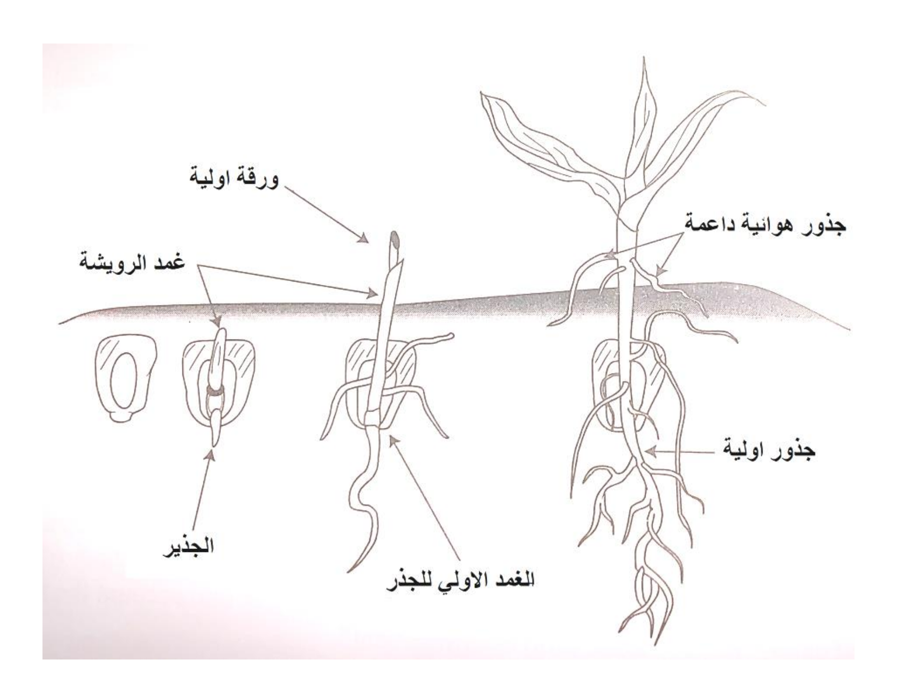
ان مصطلح بزوغ البذرة (seed emergence) يستخدم لوصف ظهور بعض التركيبات الاساسية للجنين فوق سطح التربة. هناك قاعدتين اساسيتين لبزوغ البذور :-

1- الهوائي Epigeal (Edigeous) -: في البزوغ الهوائي ، الفلقة Cotyledons (اوراق البذرة seed leaves) تبزغ فوق سطح التربة (شكل 3.7) . الفلق يتغير لونها تدريجيا من الكريمي الى الاخضر وتاخذ على عاتقها وظيفة التركيب الضوئي . بعد هذه الفترة الاوراق الفلقية تتقلص وتتجعد وتسقط من النبات عند ظهور الاوراق الحقيقة .



شكل3.7.البزوغ الهوائي للبذور (شائع في نباتات ذوات الفلقتين)

2- الارضي Hypogeal (Hypogeous) -: البزوغ الارضي هي صفة لعدة انواع من الحشائش . الرويشة تبزغ فوق سطح الارض ، تاركة الفلقة او اماكن الخزن تحت الارض (شكل 4.7) . لذا فان اي اعتبارات زراعية يجب اخذها بالحسبان وتنفيذها من خلال معرفة نمط بزوغ بذور المحصول من اجل تاسيس جيد لذلك المحصول .



شكل4.7. الانبات والبزوغ الارضي

انبات البذور يتاثر بعوامل داخلية وخارجية

Seed Germination is Affected by Internal and External Factors

الانبات الحقلي المرغوب (المطلوب) يجب ان ينتج نباتات قائمة بنسبة لاتقل عن 90% . ولسوء الحظ فان انواعا معروفة مثل القطن والذرة البيضاء ، هذا المستوى من الانبات من الصعب الوصول اليه ، بسبب حقيقة ان البذور تحوي نسبة لامراض فطرية .

العوامل التي تؤثر في انبات البذور يمكن تقسيمها الى ثلاث فئات (عوامل داخلية ، عوامل لا احيائية خارجية ، عوامل احيائية خارجية) .

العامل الرئيسي الداخلي الذي يؤثر في انبات البذور هو نضج البذور .ماهو النضج المناسب الذي تكون عليه البذره قبل ان تستطيع الانبات ؟ ليس ضروريا ولاغلب البذور ان تصل الى النضج الفسيولوجي (المادة الجافة لا تضاف على طول)

قبل ان تستطيع الانبات . وعلى اية حال فان للزراعة الحقلية ، فان نضج البذور فسيولوجيا يكون مفضلا لاسباب عدة :-

1- في انواع نباتات معروفة مثل فول الصويا ، فان انزيمات حرجة معينة محددة للانبات مثل (isocitric lyase , malate synthase) تنتج فقط عندما تكون البذور بطيئة النضج واكثر جفافا .
2- البذور غير الناضجة تفقد مقدرة الحماية بواسطة غلاف البذرة (القصرة) ضد المسببات المرضية .
3- اذ كان لابد من استعمال البذور غير الناضجة ، فان ذلك تتطلب ظروف خزن خاصة لحمايتها من الاضرار البيئية .
4- البذور غير الناضجة صعبة التحميل والنقل في الزراعة الحقلية لانها قد تتعرض لاضرار كبيرة .

ان الظروف الخارجية الرئيسية التي تؤثر في الانبات هي الماء (الرطوبة) ، الهواء و درجات الحرارة . الضوء ليس مطلوبا لجميع انواع البذور ، ولكن انواع معروفة يكون هذا العامل حرج لانباتها . العوامل البيئية هذه ربما تتداخل لينتج عنها تاثير على الانبات ، كمثال تداخل الرطوبة والحرارة ينتج عنه تاثير جوهريا مهم جدا على الانبات .

الماء (الرطوبة) (Water (Moisture

قبل الانبات فان كل البذور يجب ان تتشرب ببعض الماء . الماء يتشرب خلال المسامات ، النقير او مباشرة خلال القصرة (testa) . في البرسيم الحلو ، اللحيمة (caruncle) هي نقطة دخول الرطوبة . الماء ضروري لتنشيط الانزيمات في البذور ليبدأ تحطيم ونقل الغذاء المخزون في الفلقات ومواد اخرى مخزونة في البذرة . اعتمادا على الانواع ، البذور ربما تحتاج للتشرب بالماء مابين 25 و 75% من وزنها

الجاف . بذرة الذرة البيضاء تتطلب حوالي 25% من وزنها الجاف تشرب بالماء ، بينما بذرة فول الصويا تتشرب بحوالي 75% من وزنها على الرغم من ان كل البذور تحتاج الى حد ادنى معين من الرطوبة لكي تنبت . بذات الوقت فان الرطوبة الزائدة و الجفاف القاسي كلاهما يحد من انبات البذور .

البذور ربما تتبرعم او تنبت جزئيا عندما تكون الظروف المحيطة عالية الرطوبة وتحت مثل هذه الظروف ، انواع معينة مثل الحنطة الشتوية البيضاء الطرية تتعرض لعمليات الفقد نتيجة لظاهرة انبات البذور وهي لازالت في السنابل ، القرنة او العرنوص احيانا تبرز منها البادرات الى الخارج وتسمى هذه الظاهرة انبات قبل الاوان المبكر (precocious germination) .

عندما يكون تجهيز الماء بعد الزراعة غير كاف او غير منتظم فان البذور ربما تخضع لدورة من الترطيب والتجفيف . تحت دورة الرطوبة تتشرب البذور بالرطوبة وتبدأ بعملية الانبات وعلى اية حال فان الرطوبة غير الكافية لتحفيز الانبات فان انواعا مثل الحنطة والذرة والشوفان يمكنها ان تتحمل عدد من دورات الجفاف (رطوبة – جفاف) الا انه من سوء الحظ فان نسبة الانبات تقل بعد كل دورة تحصل فيها اعاقة للانبات .

درجة الحرارة Temperature

- **مدى درجة الحرارة Temperature range :-** تعد درجة الحرارة واحدة من العوامل المهمة لحدوث التفاعلات الكيموحيوية ، وان الاساس في تكيف النباتات (نباتات موسم دافئ او بارد) . ولكل بذرة ، هناك ثلاث درجات حرارة مهمة يمكن تعميمها التي يحتاجها المنتج ليكون على بينه منها وهي :-
    - **درجة الحرارة الدنيا Minimum temperature :-** هي ادنى درجة حرارة تحتاجها البذور للبدء بالانبات .

- **درجة الحرارة المثلى Optimum temperature :-** كل بذرة لها درجة حرارة مفضلة يحدث عندها انبات باعلى معدل .
- **درجة الحرارة العليا Maximum temperature :-** فوق هذه الدرجة يحدث تحطم للبروتينات العضوية ومسببة تدهور البذور فتفشل في الانبات .
- اغلب البذور تنبت بدرجة حرارة 15 الى 30م^0 (60 – 86 ف^0) وبدرجة حرارة مثلى 25 –30م^0 (77 – 86 ف^0) . الدرجة العليا لاغلب البذور هي 30 - 40م^0 (86 – 105.2 ف^0) .
- عموما انواع الموسم البارد تحتاج درجات حرارة منخفضة لانبات بذورها مقارنة بنباتات الموسم الدافئ . عموما هذه المتطلبات تحتاج الى تضبيط اكثر عندما تكون نوعية البذور رديئة .

- **التكيف الحراري Temperature adaptation**

البذور تشبه النباتات بالضبط ، ربما تقسم الى اثنين من المجاميع الواسعة التطبع (التكيف)

1- البذور التي تتطلب درجة حرارة باردة Cool – temperature – requiring seeds :- هذه البذور تتطلب درجات حرارة ادنى من 25م^0 (77 ف^0) لاجل الانبات . امثلة المحاصيل التي لها مثل هذه المتطلبات تتضمن البصل والخس . على اي حال فان تلك البذور لاتتحمل درجات حرارة باردة بدرجة كبيرة وكما في انواع مثل الجزر واللهانة والبروكلي .

2- البذور التي تتطلب درجات حرارة دافئة Warm – Temperature – requiring seeds :- مثل هذه البذور تنبت فقط عندما تكون درجة حرارة التربة على الاقل 10م^0 (50 ف^0) . امثلة المحاصيل التي لها مثل هذه المتطلبات الحرارية الذرة الحلوة والطماطة . في بعض الانواع وبضمنها فول الصويا ، القطن ، الذرة البيضاء ، فان درجة حرارة التربة اعلى من 15م^0 (60 ف^0) تكون مطلوبة لانبات سليم للبذور التي تتطلب درجات حرارة دافئة تكون حساسة

للانجماد وربما تتضرر عند درجة حرارة ادنى من 10م^0 (50 ف^0) خلال التشرب .

التواقت الحراري Temperature periodicity

اغلب البذور تنبت طبيعيا بدرجات حرارة ثابتة . ومع ذلك فان تعريض البذور لتناوب درجات الحرارة باردة ودافئة خلال الانبات . فمن المعروف ان ذلك يحفز كلا من الانبات ونمو البادرات . البذور الساكنة (فشل البذور الحية في الانبات تحت الظروف المناسبة) كذلك تحتاج لمثل هذه المعاملة (التدوير الحراري) .

الاصناف المبكرة في النضج حساسة اكثر للضرر الناجم عن برودة التشرب من تلك الاصناف المتاخرة بالنضج . لذا يقترح نقع البذور قبل الزراعة التي ربما تسمح للمزارعين بالزراعة المبكرة لبذورهم في التربة الباردة . في البذور التي تتطلب درجات حرارة دافئة ، الزراعة المبكرة ربما تنجز بوساطة بزل التربة لزيادة التهوية بهدف زيادة الدفء هذه ربما تتم بالزراعة على مساطب او تحت الاغطية العضوية .

الرطوبة و درجة الحرارة تتداخل في تاثيراتهما على عمليات الانبات وبزوغ البادرات . ولنتائج افضل فان البذور يجب ان تتشرب وتتحمل بالرطوبة لمدة محددة فوق حدود الدرجة الحرارية الحرجة . التي تسمى القيمة الحرارية (thermal value) ، قبل الانبات . انواع النباتات تختلف في مدة الوقت الحراري الذي تتطلبه لحدوث الانبات .

الهواء Air

انبات البذور في العموم هوائي (يتطلب الاوكسجين) . التبادل الجيد بين هواء التربة وهواء الغلاف الجوي ضروري ليحافظ على هواء التربة في حالة توازن مناسب . ان وجود الاوكسجين بشكل مناسب في الانبات لكي تنجز الفعاليات

الفسيولوجية التي ترافق عملية الانبات. الجنين يعتمد على عمليات التنفس لكي ينمو ويبزغ من البذرة . ان كمية الاوكسجين المطلوبة تعتمد على النوع . من المعروف ان انواع الرز يمكن ان يخلص انباتها تحت ظروف اوكسجين جوي قليل جدا (قريب من الصفر).

في الجانب الاخر CO_2 هو مثبط للانبات ، خصوصا عندما يحدث بتركيز فوق 0.03 % في الهواء . CO_2 ينتج من التنفس . لذا فان التبادل غير المتوازن للغازات بين التربة والجو يقود الى تراكم غاز CO_2 الناتج عن تنفس احياء التربة . مثل هذه الظروف غالبا ما تحدث تحت ظروف الغمر بالماء وعندما يكون صرف التربة ضعيف . المنتج غير قادر على منع الظروف اللاهوائية المؤقتة (نقص الاوكسجين) الوضع المتسبب عن الافراط بزيادة الرطوبة نتيجة لعملية الري الزائد او الامطار المنهمرة .

على اية حال ، فان تجهيز الرطوبة يجب ان يكون بشكل صحيح من خلال عملية الري لذلك على المزارع ان يضيف الرطوبة بشكل دقيق (الوقت والكمية) لتجنب تجمع الماء في الحقل وحدوث برك . في الاماكن المغلقة للانتاج تحت الزراعة بالمحاليل المغذية (hydroponic) . او الزراعة المائية فان الوسط الغذائي يحتاج الى التهوية باستمرار لتجنب ظروف عدم التهوية من ان تتطور .

الضوء Light

لا يشكل الضوء مطلبا شاملا كليا للانبات كما في درجة الحرارة والرطوبة . في الانواع التي تحتاجه ، لذا فان تاثير الضوء على انبات البذور يتجلى من خلال شدة الضوء ، الطول الموجي (النوعية) ، والمدة (الفترة الضوئية) ، ومن بين هذه الثلاث تعد شدة الضوء الاقل اهمية للانبات حتى في الايام الغائمة والمعتمة ، المحاصيل في الحقل تستلم اعلى من 10.000 لوكس من الضوء . الشدة العالية

مرغوبة بعد بزوغ البادرات للنمو المناسب والتطور لتجنب الشحوب (etiolation) او النمو الطويل نتيجة الاستطالة او النمو الضعيف .

الانبات اكثر تحفزا بوساطة الضوء الاحمر (المثالية حتى 600 نانوميتر) . الانبات كذلك يثبط بالطول الموجي الذي يكون اقل من 290 نانوميتر . الفايتروكروم (صبغة النبات الحساسة للضوء) وتاثيره على الانبات قد تم تسجيله اولا في بذور الخس .

عندما تتشرب البذور تتعرض الى الضوء الاحمر وفوق الاحمر بشكل متناوب، يحدث الانبات فقط عندما اخر معاملة البذور تستلم الضوء فوق الاحمر (far – red) خلال التعاقب اي بمعنى اخر ان بذور الخس تنبت عندما تتعرض الى اضاءة متقلبة . تاثير المدة الضوئية يرتبط مع نشاط الفايتوكروم . في محصول الجزر انبات البذور يثبط بوساطة استمرار الضوء .

العوامل الاحيائية الخارجية External biotic factors

انبات البذور يتاثر بوساطة الامراض ، التي تتشجع بعضها بالعوامل البيئية غير الاحيائية وغير المناسبة مثل الرطوبة العالية ، التي تتزامن مع درجة حرارة مرتفعة . بعض المسببات المرضية تنتقل عن طريق البذور (seed borne) ، واخرى تتوالد في التربة او البيئة العامة المحيطة بالبذرة .

اغلب الامراض الشائعة للبادرات النابتة هي سقوط البادرات (damping off) . هذه الامراض الفطرية ينتج عنها موت البادرات وهي تتسبب بوساطة واحد او فطريات عدة ، والشائعة هي *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum* , واخرى هي *Botrytis cinerea* , *Phytophthora* spp. . الفطران الاخيران ينتجان سبورات تنتشر عن طريق الماء . اخرى لها مايسليوم (mycelium) التي تعيش في التربة او على البذور وعلى مواد نباتية اخرى .

التعفن يحدث تحت الدفئ وظروف الرطوبة العالية . لذلك فالحرارة الدافئة التي تتطلبها البذور تجعل من البذور اكثر عرضة للامراض في وقت الانبات . الطريقة التطبيقية لتقليل حدوث المرض في مثل هذه المحاصيل هو الزراعة عندما تكون التربة دافئة ، وكذلك للحد من المسبب المرضي خلال وقت تكاثره . البذور ربما تعامل بالمبيدات الفطرية والتربة هي الاخرى ربما تعامل مباشرة بالمبيدات الفطرية .

معاملة البذور Seed Treatment

تعامل البذور بمعالجات خاصة لاغراض مختلفة ولكي تكون ملائمة الزراعة ولتشجيع الانبات وتحسين التغذية والسيطرة على الافات هناك كيميائيات مثل Mancozeb , Carbendazin , Captan , Thioram , Tebuconazole , Triaconazole , Fludioxonil , Silthofam , Monocrotophos , Imidaclopride , Thiamethoxam , Fipronil تعطي طيف واسع من الفعالية وامكانية السيطرة على الامراض والحشرات في مراحل النمو المبكرة . تعامل البذور بدرجة رئيسية للوقاية من الامراض والحشرات وتعامل البذور مرتين مرة بمبيدات فطرية واخرى بمبيدات حشرية ويجب ان تكون هناك وقت بينهما . تجانس التعفير بالمواد الكيميائية قضية مهمة في معالجة البذور ويجب ان يكون اقل غبار يتطاير من البذور المعاملة بالكيمائيات . حديثا تم تطوير كيميائيات لتعفيز البذور تتضمن مبيدات فطرية وحشرية في مادة واحدة وذات خصائص كان تكون سهلة الحمل باليد ولا تنبعث منها روائح وتجف بسرعة وقليلة الغبار . البذور يمكن خزنها لمدة 18 شهرا بعد معاملتها بالمواد المعفرة دون ان تكون هناك تاثيرات عكسية على قابليتها للانبات .

تحفيز الانبات او البزوغ

Enhancing germination or emergency

التاسيس الجيد للمحصول القائم في الحقل يؤدي بالتاكيد الى نمو جيد لذلك المحصول . ان قلة في عدد النباتات القائمة في الحقل نتيجة لضعف التاسيس الحقلي لا يؤدي الى تقليل الكثافة النباتية فحسب وانما يشجع نمو الادغال وهناك اسباب عدة لضعف تاسيس المحصول هي :-

1- رداءة نوعية البذور مع انخفاض نسبة الانبات .
2- عدم ضبط مهد البذرة او زيادة عمق الزراعة اكثر من اللازم .
3- قلة الرطوبة في التربة او زيادتها او رداءة التهوية او انخفاض في درجات الحرارة المناسبة للانبات .
4- زيادة في ملوحة التربة او قلويتها .
5- المهاجمة من قبل المسببات المرضية او الحشرات او الطيور او القوارض .

التغطية بالنايلون تساعد في زيادة حرارة التربة بمقدار يتراوح بين 1 – 3 م^0 وهكذا تشجع الانبات اذ توضع طبقة رقيقة فوق التربة ويثقب النايلون فوق موقع البذرة لكي تبزغ البادرات من الثقوب . تستعمل هذه الطريقة في بعض المناطق الباردة ولقد وجد ان اعطاء رية بالرش (20 – 40 ملم) بعد 5 – 7 ايام من زراعة البذور تشجع عملية الانبات وتاسيس جيد لبادرات فستق الحقل للزراعة الشتوية في بعض مناطق جنوب الهند اذ ان هذه العملية تزيد من رطوبة التربة وترفع قليلا من درجة الحرارة . معاملات البذور تستعمل لحث الانبات فلقد وجد ان معاملة البذور بالجبرلين زادت من نسبة انبات بذور فستق الحقل من 74 الى 88% .

تسهيل البذار Convenience of Sowing

هناك صعوبات معينة تواجه زراعة بذور محاصيل عدة بسبب بعض الخصائص لتلك البذور فمثلا وجود الزغب والالياف على بذور القطن يؤدي الى الصعوبة بمكان من زراعتها سواء بالتسطير او النثر ذلك لا لتصاق البذور بعضها بالبعض الاخر وللتغلب على هذه الصعوبة يتم معالجة البذور المزغبة ليصبح الزغب ملتصق بالبذور فتسهل عملية انزلاقها فوق بعضها لذا يمكن زراعتها نثرا او باستعمال حامض الكبريتيك اذ تعامل البذور بالحامض لمدة دقيقتين بعدها يغسل الحامض وتجفف البذور لتصبح جاهزة للزراعة . وقديما استعملت عجينة روث الحيوانات لفرك بذور القطن او الرماد بعد ترطيبها لتجفف بعد ذلك وتزرع .

احيانا يتم خلط الرمل او التراب مع بعض المحاصيل ذات البذور الصغيرة قبل زراعتها لان البذور صغيرة جدا وكمية البذار تكون قليلة بسبب صغر حجم البذور لذا فان عملية توزيعها قد تكون صعبة لذا تخلط مع الرمل او التراب لزيادة الكمية وتسهيل عملية حملها باليد . تستعمل هذه البذور مع الجت ، السلجم ، التبغ .... الخ .

اما بذور الكزبرة فتحضر من خلال شق اخدودي الثمرة الحاملة لها وبذلك ستستقط البذور وتصبح جاهزة للزراعة وفي حالة الثوم فان البصلة المركبة من فصوص يتم فصلها الى اجزاء لزراعتها .

في البطاطا احيانا يتم تقطيع الدرنات الكبيرة الحجم (تقطيع مناسب مع تجنب تلوث مناطق القطع) لتصبح جاهزة للزراعة اذ لا يفضل زراعة الدرنات الكبيرة الحجم والتي يزيد قطرها عن 75 ملم .

الافات والامراض Pests and Diseases

ان معاملة البذور بالمبيدات الفطرية او المواد النباتية او مستحدثات المقاومة او المبيدات الفطرية الحيوية تعطي وقاية للبذور . حدود هذه الوقاية وفعاليتها يعتمد على سيادة المسبب المرضي والعائل لذا فان اختيار مواد الوقاية يجب ان تكون على اساس المسبب المرضي الاكثر تعقيدا فعلى سبيل المثال بادرات القطن تدمر قبل بزوغها من قبل فطر *Rhizopus oryzae* او مجموعة من انواع البيثيوم (.Pythium spp) لذا فان معاملة البذور بمادة الميتالاكسيل تمكن من السيطرة على المرض جزئيا ، فالمرض الذي تسببه انواع البيثيوم يمكن السيطرة عليه بمعاملة البذور بهذه المادة اما اذا كانت الاصابة بـ *Rhizopus oryzae* فمن الصعوبة السيطرة على المرض . ان حدوث الاصابة بالتفحم السائب بالحنطة *Tilletia caries* يمكن تقليله بمعاملة البذور بمسحوق قشادة الحليب بمقدار 160 غم / لتر ماء . معاملة البذور ببعض المواد لاستحداث المقاومة مثل .Chito , Bisol المتعدد السكريات تقلل الاصابة بمرض *Tilletia caries* . معاملة البذور بمنظمات النمو فانها تحفز سلالات من *Pseudomonas fluorescence* التي تقلل من لفحة اغماد اوراق الرز التي يسببها فطر *Rhizoctonia solani* . معاملة بذور الرز بمادة Pyroquilon بمقدار 4 غم مادة فعالة / كغم من بذور الرز تعد فعالة ضد هذا المرض .

ان معاملة البذور بالمبيدات الفطرية ستقضي على الفطريات المتواجدة على البذور وتقلل من فرصة انتقال الفطريات من البذور الى البادرات . معاملة البذور بالمبيدات الفطرية لا تقلل حدوث الامراض المتوالدة عن التربة . المعاملة بـ Carboxin يزيد من استطالة الساق للبادرات بينما تعمل Triadimenol , Flutriafol , Carbendazim , Difenoconazole على تقليل استطالة الساق كما ان Triadimenol يقلل من طول جذور البادرات مقارنة بتلك الغير معاملة .

بذور الحنطة المعاملة بالـ Carbendazim يكون انباتها اعلى من تلك غير المعاملة كما ان الجذور والجزء الخضري يكونا اكثر توسعا وهناك مبيدات فطرية عدة تستعمل لمعاملة بذور المحاصيل المختلفة كما في الجدول (3.7) ادناه .

جدول 3.7 . المبيدات الفطرية الشائعة الاستعمال لمعاملة بذور المحاصيل المختلفة

المبيد الفطري	المحصول	الفطر المستهدف	ملاحظات
Fludioonil	الذرة الصفراء – الذرة البيضاء – البطاطا – الرز	*Fusarium*	فعالة ضد انواع مختلفة من الفيوزيريوم وتستعمل بمقدار 5 غم مادة فعالة لكل 100 كغم بذور وتعمل كذلك على زيادة طول الجذور
Thiflugamide	الحنطة	*Tilletia*	فعالة ضد امراض البذور 1.0 – 2.0 مل / كغم من البذور
Carboxin	الحنطة ومحاصيل اخرى	*Loose smut*	مبيدات فطرية مركبة تسيطر على المسببات المرضية المتوالدة عن التربة وتنشط ميكانيكية الدفاع لدى النبات
Difenoconazole	الذرة الصفراء	*Fusarium*	تمنع تلوث البذور بالفطر وتمنع تفسخ البذور
Metalaxyl	الذرة البيضاء	*Pythium*	تمنع اصابة البذور لمدة 28 يوم
Triadimenol	الرز	*Rhizoctonia solani*	تزيد من عدد النباتات القائمة للرز
Silsthiofam	الحنطة	*Gacumannomycetes graminis var. tritici*	تمنع تطور جميع الانواع التي تسبب امراض الحنطة
Captan	الذرة البيضاء	*Caaviceps Africana*	تمنع انبات فطر الاركوت على بذور الذرة البيضاء .
Tebuconazple	الحنطة	*Rhizoctonia*	السيطرة على البقع العينية الحادة على الحنطة . 2 غم مادة فعالة / هكتار
Corpromid	الرز	*Pyricularia oryzae*	تعامل البذور بـ 40% بمسحوق قابل للبلل
Pyzoquilon	الرز	*Pyricullaria grisea*	تعامل البذور بـ 4 غم مادة فعالة لكل 100 كغم بذور
Simaeconazole	الحنطة	*Ustilag omuda*	تعامل البذور بـ 10 غم مادة فعالة لكل 100 كغم بذور
Carbendazim	فستق الحقل	*Aspergillus niger*	معاملة البذور بـ 0.05%

وفي احيان معينة فان من المهم معاملة البذور لبعض المحاصيل البقولية بالرايزوبيرم والمبيدات الفطرية والمبيدات الحشرية وربما تسبب معاملة البذور بالمبيدات الفطرية والحشرية ضررا على الرايزوبيوم لذا فان Mancozeb , Thiram يعدان غير سامين للرايزوبيوم سواء اضيفا قبل او بعد التلقيح بالرايزوبيوم اما Corbosulfan , Captan فهما سامين للرايزوبيوم .

مع الاخذ بنظر الاعتبار المقارنة بين المواد الكيميائية والاحيائية للسيطرة على امراض البذور فان Thiram يعد الاكثر كفاءة في السيطرة على امراض قبل او بعد البزوغ بالمقارنة مع Triadimenol .

اليات الاصابة بامراض البادرات

Mechanism of Infecting Seedling Disease

هناك اليات عدة يتم بوساطتها اصابة البذور النامية من قبل المسببات المتوالدة في التربة وربما تعمل الافرازات من البذور النامية للاصناف الحساسة على تحفيز انبات اجزاء التكاثر للمسببات المرضية . الاصابات التي مصدرها من البذور تعد الاهم للتلوث والاصابة بامراض البادرات . وعلى اية حال فان السبورات في التربة يمكن ان تكون الملوثات الاولية . المبيدات الفطرية لمعاملة البذور يجب ان تكون فعالة على البذور والامراض التي تتوالد في التربة .

الفطريات عموما لا تقلل من انبات البذور لكن اغلب الفيوزاريوم التي تم عزلها تسبب تفسخا للبذرة والجذير . المبيدات الفطرية تقلل من تلوث وتفسخ البذور والجذير .

المبيدات الفطرية كذلك تسيطر على الامراض التي تتوالد في البذور وتؤثر كذلك في انبات البذور واستطالة الساق والجذر .... الخ . Difenoconazote تعمل على زيادة استطالة الساق . انبات البذور واستطالة البادرات تثبط وبشكل واضح عندما تستعمل 0.3 غم و 0.6 غم مادة فعالة / كغم بذور حنطة من Triadimenol و

Tebuconazole على التتابع . البذور المعاملة بالـ Carbendazine (0.1%) يزداد فيها الانبات وطول الجزء الخضري والجذري .

المبيدات الفطرية الاحيائية Biofungicide

كفاءة النواتج الاحيائية يعتمد على عوامل المناخ مثل الامطار ، الحرارة ، الرطوبة النسبية . التاثير المضاد للاحياء الدقيقة كالـ *Bacillus subtilis* , *Trichoderma* , *Harzianum* , *Pythium oligandrum* اظهر فعالية جوهرية ضد الثاليل الشائعة *Tilletia caries* عندما تعامل البذور بتلك الاحياء الدقيقة . وجد ان *Bacillus subtilis* لها تاثير جوهري (يصل الى 100%) ضد مرض الثاليل على الحنطة عندما تكون درجة حرارة التربة اكثر من 10 م^{0} بينما تكون الكفاءة 65% فقط بسبب الجو الجاف جدول (4.7)

جدول 4.7 .معاملة البذور بالمبيدات الفطرية والاحيائية

المبيد الفطري الاحيائي	الصيغة الفيزيائية	الفطر / البكتريا المستهدفة	ملاحظات
Pseudomonas fluoresence	مسحوق	*Macrophomina phascolina*	معاملة البذور تقلل من مرض تعقد الجذور في فستق الحقل
		Pyricularia grisea	معاملة البذور تزيد من انبات البذور في الرز
Chactomium globosum	افة بصيغة احيائية	*Drechslera sorokiniana*	معاملة البذور بـ 4 غم لكل كغم من بذور الحنطة تقلل من مرض التبقع في الحنطة بنسبة 86.2% مايسيليوم *C. globosum* يغطي تماما المجموع الجذري
Trichoderma virde		*Loose smut Ustilago*	تعامل البذور باي من هذه المواد الاحيائية وذلك بخلطها مع Carboxin للسيطرة على التفحم السائب في الحنطة
Trichoderma harziunum		*Segetum var. tritici*	
Psedudomonas fluoresce			
Gliochadium virus			

الافات الحشرية Insect Pests

تعامل البذور بالـ Imidacloprid وهي مادة وقائية من الحشرات جهازية لحماية بذور القطن وفستق الحقل ضد الافات الماصة لمدة 30 يوما وتستعمل كذلك لحماية بذور فستق الحقل وزهرة الشمس ضد تنكرز الساق وذلك بقتل العامل الناقل للمرض . عندما يستعمل خليط من Tibuconazole , Imidacloprid لمعاملة البذور فانها تسيطر على المن وتزيد من عدد النباتات القائمة في الحقل ومن الجدير بالذكر ان حاصل الحنطة لم يتاثر بمعاملة البذور بالـ Imidacloprid تحت الاصابة الخفيفة بالافة والجدول (5.7) يبين معاملات البذور بالمبيد الحشري .

جدول 5.7. معاملة البذور بالمبيدات الحشرية

المبيد الحشري	المحصول	الحشرة المستهدفة	ملاحظات
Imidacloprid ، Fironil , Acetamiprid , Thiomethoxam	الذرة الصفراء ، زهرة الشمس	Wire worm Agriotessp	تعد معاملة البذور ذات فعالية في السيطرة على حشرة Wire worm
Imidacloprid ، Thiomethoxam	الذرة الصفراء	Flea beetle	معاملة البذور تقلل من ضرر Flea beetle
Imidacloprid	الذرة البيضاء	Shoot fly	10 غم من Imidacloprid لكل 100 غم بذور (تذوب في الماء)

الطيور Birds

معاملة بذور الحنطة او الذرة الصفراء بالـ Thiram تجعل الغربان تنفر من اكل البذور . بذور الرز تعامل بروث الحيوانات تحمي البذور من بعض انواع العصافير .

سكون البذور Seed Dormancy

اذ كانت الظروف البيئية مناسبة للانبات فما هي العوامل الاخرى التي تؤثر في انبات البذور الحية ؟

تفشل احيانا البذور في الانبات رغم توفر الظروف المناسبة لها اذ انه عندما تكون كل الظروف المطلوبة للانبات متوفرة والبذور لاتزال حية فانها احيانا تفشل في الانبات ، ففي هكذا حالة فان البذور لاتزال في طور سكون (سابتة) هذه الحالة الوراثية تزداد شدتها بوساطة تاثير العوامل البيئية وغالبا ما ترتبط مع بذور نباتات الحياة البرية بدرجة اكبر . ويكون حدوثها قليل مع بذور نباتات المحاصيل المستأنسة . سكون البذور هو الية البقاء على قيد الحياة الذي بوساطته تنتشر بذور النباتات في الحياة البرية لتامين حياتها ضد الظروف البيئية غير المناسبة التي يمكن ان تتعرض لها . البذور تفشل في الانبات ما لم تكن الظروف البيئية المحيطة بها مناسبة بشكل كاف لتحقيق ظروف الانبات . الية السكون في انتاج المحاصيل للاصناف المختلفة تعد ظاهرة غير مرغوبة الا في حالات خاصة كما في الحبوبيات الشتوية التي تكون عرضة لانبات مبكر فتنخفض نوعيتها . في الانتاج الحديث للمحاصيل الحقلية فان البذور تنبت على اساس جدولة اي توقيت زمني ويكون لها تماثل في التاسيس.

هناك انواع مختلفة من اليات سكون البذور ، تكون اما اليات فسيولوجية او فيزيائية . والاليات هذه ربما تقسم الى فئتين هما السكون الاولي Primary dormancy والسكون الثانوي Secondary dormancy .

1- **السكون الاولي Primary dormancy :-** هذا هو السكون السائد الذي يحصل للبذور والاوسع حدوثا مقارنة بانواع السكون الاخرى . وهناك نمطين هما :-

- **سكون خارجي المنشأ Exogenous dormancy :-** العوامل المشاركة في هذا النوع من السكون تكون من خارج الجنين ، وتظهر نفسها في المقام الاول من خلال فرض حواجز فيزيائية بين الجنين وعوامل الانبات (الماء ، الحرارة ، الهواء والضوء) .
- **السكون غلاف البذرة (الفيزيائي) Seed Coat dormancy :-** احيانا يسمى السكون الفيزيائي (physical dormancy) او سكون غلاف البذرة هو نمط من انماط السكون الخارجي الذي يحدث عندما يكون غلاف البذرة محور بشكل كبير ليشكل مانعا عن العوامل البيئية الخارجية . البذور في هذا النمط من السكون يمكن ان نقول عنها بذور صلبة (hard seed). هذه البذور المتصلبة تحدث باليات مختلفة ، اعتمادا على النوع فعلى سبيل المثال في انواع البقوليات يحدث تسبرن (ترسب السيوبرين في جدار الخلية) للقصرة مما يمنع دخول الغازات والماء . تصلب البذور يحدث في البقوليات العشبية مثل الجت والبرسيم . ورغم ان ذلك يعود للوراثة الا ان الظروف يمكن ان يكون لها ذلك التاثير وذلك بوساطة العوامل البيئية مثل الجفاف في الحرارة العالية خلال مراحل نضج البذور .
- **السكون الميكانيكي Mechanical dormancy :-** نمط اخر من العوامل الخارجية المسببة للسكون هو السكون الميكانيكي ، ويعود سبب هذا السكون الى التقييد الميكانيكي الذي يعمل على تثبيت الجنين وتقييده من ان يتوسع خلال الانبات، بسبب قوة التراكيب الميكانيكية التي تغلف البذرة ، الجنين لا يستطيع تمزيق الحاجز لكي يبزغ .
- **السكون الكيميائي Chemical dormancy :-** التقييد الميكانيكي الذي يسببه غلاف البذرة المتسبب عن السكون الاولي ، يدعى السكون الكيميائي. كيميائيات

معروفة تتجمع في البذرة خلال تطورها . تعمل على منع التشرب من خارج البذرة بوساطة الجدار الواقي . هذه الكيميائيات تعمل في نهاية المطاف كمثبطات للنمو في انواع عدة بضمنها الكتان .

التغلب على السكون الخارجي

Overcoming Exogenous Dormancy

هل نستطيع ان نجعل البذور الساكنة تنبت ؟ البذور مع السكون الخارجي ربما تنجح في الانبات عندما تزرع في الحقل وتتعرض الى عوامل طبيعية عدة . الكائنات الدقيقة للتربة قادرة ان تعمل على غلاف البذرة السميك ليتلاشى . البذور التي تهضم بواسطة الحيوانات تتعرض الى هضم كيميائي قاسي التي يمكن ان يفقدها اغلفتها الصلبة . حرائق الغابات والتي هي حوادث طبيعية تؤثر في البذور الصلبة اذ يسيطر من خلالها على السكون الخارجي للبذور .

منتجوا المحاصيل ربما يعملون صناعيا على ازالة الصلابة الميكانيكية للبذور بواسطة خلطها مع الرمل وتعريضها للرج (الاهتزاز) بحاويات (براميل) لازالة الاغلفة الصلبة او التقليل من تاثيرها على الانبات هذه الطرق تدعى التخديش الميكانيكي (mechanical scarification) التخديش الميكانيكي ربما يسبب اضرار عكسية للبذور لذلك يجب عمله بحذر وكذلك تستعمل الكيميائيات القوية مثل بيروكسيد الهيدروجين وهايبكلورات الصوديوم . التخديش الكيميائي يعد طريقة غير شائعة الاستعمال في مجال انتاج المحاصيل .

السكون الداخلي المنشأ Endogenous Dormancy

السكون الداخلي هو الاكثر شيوعا على الاغلب من بين اشكال سكون البذور الاخرى . العوامل التي تفرض نفسها في استحداث هذه الحالة تكون في الاجنة . اي عامل او عوامل عدة مجتمعة في الجنين الذي يكون تحت التطور فان السكون البدائي يكون مطلوبا خلال مدة التطور لحمايتها من الانبات في هذه المرحلة مدة التطور

في انواع مثل الجزر الذي يزهر ، البذور تتطور في ترتيب تسلسلي ، فالبذور الاقدم الاولية تكون متطورة اكثر من التي تظهر في الاخر من الخيمات الثانية والثالثة موقع البذور على النباتات الابوية وهكذا . يؤثر على السكون عوامل داخلية اخرى تتضمن عمر النبات في وقت الازهار (السكون يزداد مع العمر) ومحتوى الرطوبة للنبات الام (نقص الماء خلال النضج يقلل مستوى السكون) .

السكون الفسيولوجي Physiological Dormancy

السكون الفسيولوجي يظهر في اشكال عدة . في اغلب اصناف الحبوبيات في المناطق المعتدلة ، الانبات يحدث فقط بعد مدة محدودة حوالي (1 - 6 اشهر) للسبات الشتوي . هذه العملية لتلك البذور الواقعة في مثل هذه الظروف اذ انها تفقد السكون وهذه ربما تحدث خلال خزن البذور الجافة تحت حوالي (15 – 20 م^0) . البذور تحتوي كيميائيات فينولية معروفة مثل الكومارين (coumarin) وان الكيميائيات هذه تستحث سكون مثبط للانبات . حامض الابسيسك يحث على سكون البراعم في الاشجار والبذور . للتغلب على اليات السكون تلك ، المثبطات يجب ان تغسل . وفي اشكال معينة من السكون الفسيولوجي البذور تحتاج الى رطوبة باردة ، من حيث الممارسة توضع البذور بين طبقات رمل رطبة وذات تهوية جيدة وتعرض الى درجات حرارة واطئة . العملية هذه تسمى التنضيد (stratification) .

السكون الثانوي Secondary Dormancy

السكون الثانوي يوصف بانه الحالة التي تكون فيها البذور غير ساكنة لتصبح ساكنة بعد ذلك اذ تسكن بعد تعرضها الى ظروف بيئية معينة فعلى سبيل المثال ، خزن بذور الشعير الشتوي الحاوية على نسبة عالية من الرطوبة تحت درجة حرارة 20 م^0 لمدة 7 ايام تعرض البذور لبعض انواع السكون. درجة الحرارة (السكون الحراري) الذي يسمى (Thermodormancy) الضوء (السكون الضوئي) الذي يسمى (Phyotodormancy) والظلام (Skotodormancy) واخرى جميع هذه العوامل يمكن ان تعرض البذور الى سكون ثانوي .

الانبات يتاثر بعوامل عدة اخرى مثل الاضرار الميكانيكية ، الحصاد الميكانيكي وعمليات فصل البذور (التفريط) التي تقود الى اضرار فيزيائية او ميكانيكية بدرجات مختلفة التي تؤثر على الانبات . هذ الاضرار يمكن ان تسمح للاحياء الدقيقة بالدخول والانتشار داخل البذرة . الاضرار الميكانيكية للبذور تزيد من حساسة البذور للمسببات المرضية . البذور الكبيرة والبذور الجافة جدا (برطوبة اقل من 15%) اكثر عرضة للضرر الميكانيكي من البذور الصغيرة والاقل جفافا .

العوامل المؤثرة على قيام المحصول

Factors Affecting Crop Stand

ما مقدار نجاح تاسيس المحصول القائم الذي يعتمد على المنتج ؟ يعتمد نجاح تاسيس محصول جيد على وراثة المحصول وعوامل البيئة ، متزامنة مع ادارة جيدة . من اجل تاسيس و استمرارية جيدان للمحصول ، ويجب الاخذ بنظر الاعتبار العوامل في ادناه :-

1- عوامل النبات Plant Factors :- البذور يجب ان تكون من تركيب وراثي سليم (مناسب) ، الصنف ذو تطبع جيد لمنطقة الانتاج . يجب ان تكون عالية النقاوة الوراثية وخالية من التلوث (الخلط) والادغال . لابد لمنتج المحصول ان يحصل على البذور من مصادر التجهيز ذات السمعة الجيدة . انتشار الادغال في المحصول النامي يحكم على المحصول بالفشل ، انتشار الادغال اجلا ام عاجلا وبقوة تؤدي الى جعل المحصول خارج المنافسة او سيتم تكبد كلف اضافية لتكاليف الانتاج لمكافحة الاعشاب الضارة . البذور يجب ان تكون ذات نوعية جيدة ويجب ان تكون نسبة انباتها عالية وحيوية وخالية من الامراض ويجب ان تنبت بسرعة .

لاجل قيام نباتي جيد وتجانس ، يجب ان تنبت البذور بوقت متقارب وبشكل متماثل ، ويجب ان تكون خالية من مثبطات الانبات او المعيقات مثل السكون . في هكذا حالات يتطلب معاملة البذور قبل الانبات او الزراعة في اوقات محددة التي تكون مفضلة اكثر من اوقات اخرى .

2- عوامل البيئة Environment factors :- هناك عوامل بيئية محددة حرجة لانبات البذور وهذه تكون عبارة عن رطوبة مناسبة ودرجة حرارة ملائمة و اوكسجين كاف وضوء مناسب او ظروف الظلام . الرطوبة يجب ان تكون كافية لتشجع البذور النابتة على البزوغ لتاسيس البادرات . القوارض ربما تزيل البذور بينما الامراض المنتشرة في التربة ربما تسبب التعفن او موت الباردات . النمل ربما يسحب البذور من مواقعها والطيور قد تلتقطها .

3- عوامل الادارة Managements Factors :- اختيار الصنف ، نوعية البذور، ظروف الانبات كل هذه تتطلب تدخل الادارة . بالاضافة الى ان المنتج يجب ان يزرع البذور في الوقت والعمق المناسبين ويحميها من الامراض والافات وبضمنها الادغال ، مهد البذور يجب ان يحضر ليكون دافئ . وبحراثة جيدة

وصرف جيد . المزارع يجب ان يرسخ التربة حول البذرة بشكل كاف للتلامس الفعال مع التربة من اجل ان يحصل التشرب بالماء بشكل مناسب .

4- اهمية مهد البذرة الجيد Important of Good Seedbed :- مهد البذرة من الامور الحرجة لتاسيس محصول جيد . مهد البذرة الجيد يوفر عوامل البيئة المطلوبة للبذور . يجب ان تتوفر الصفات الجيدة المرتبطة بنسجة وتركيب التربة.

- صرف جيد :- لتجنب التغدق الذي يسبب التعفن
- تهوية جيدة :- لتوفير اوكسجين كافي للتنفس الذي تحتاجه عملية الانبات
- قدرة جيدة عى مسك الماء :- لتوفير رطوبة كافية لتشرب البذور
- حراثة جيدة :- لتلامس فعال للبذرة مع التربة ولغرض التشرب
- عدم حصول قشرة صلبة :- وجود قشرة صلبة في سطح التربة يعيق بزوغ البادرات .

بذار الحقل Field Seedling

عدد من المحاصيل الحقلية يحضر لها مهد بذرة مباشرة في الحقل . المحاصيل الحقلية مثل الحبوبيات ، البقوليات البذرية ، محاصيل العلف ، المحاصيل الزيتية ومحاصيل الالياف ، عموما تزرع مباشرة اي توضع البذور في المكان الذي تنمو وتتطور فيه من الزراعة الى النضج . هذه عكس التي تزرع بذورها في مشاتل لتنقل شتلاتها لاحقا ، اذ ان الشتلات تبزغ وتتاسس في المشتل وبعد ذلك تنقل في مواقع ثابتة في الحقل ، من الاشجار ومحاصيل خضر والرز يتم اعدادها في مشاتل لتنقل لاحقا . بعض الخضراوات كذلك يمكن ان تزرع مباشرة . بعد اختيار الصنف الملائم وتجهيز مهد البذرة ، المزارع له خمسة قرارات رئيسية لجعل المحصول يتجه نحو التاسيس الجيد هذه هي :- عمق مكان البذرة ، الكثافة النباتية ، التوزيع الهندسي لترتيب النباتات (طريقة التوزيع والزراعة) ، موعد الزراعة ، وطريقة الري .

1- عمق مكان البذرة Depth of Seed Placement :- اذا زرعت البذور في اعماق مختلفة ، الانبات سيكون متفاوت ، ينتج عنه تاسيس محصول غير متجانس، والذي يعود اخيرا في التاثير على نشاطات انتاج المحصول ، مثل حصاد . المحصول سوف ينضج بشكل متفاوت وتحدث مشكلة في الحصاد الميكانيكي ، عمق مكان البذرة يتاثر بعوامل عدة بضمنها حجم البذرة ، طريقة بزوغ البادرات (ارضي ام هوائي) ، نوع التربة ، رطوبة التربة ، وجود المسببات المرضية وحيوية البذور .... الخ .

- **حجم البذرة Seed Size :-** البذور الكبيرة لها مصدر غذائي اكثر ويمكنها البزوغ من اعماق اكبر في التربة اذ انها تعتمد على الطاقة المخزونة . البذور الصغيرة لها غذاء محدود وتزرع في اعماق ضحلة .
- **نوع بزوغ البادرات Type of Seedling Emergence :-** الانواع ذات البزوغ الهوائي تحتاج الى ان تبزغ فوق سطح التربة لتبدأ بتاسيس البادرات اذا كانت الزراعة عميقة جدا في التربة فان البزوغ ربما يتاخر كثيرا والبذور سوف تتعفن بهذه العملية .
- **نوع التربة Soil Type :-** التربة الثقيلة (الطينية) تكون باردة ، صرفها وتهويتها ضعيفان وعرضة ايضا لتكون قشرة صلبة . مكان البذور في هكذا نوع من الترب يجب ان يكون ضحلا من اجل توفير بيئة مناسبة للانبات . التربة الخفيفة (الرملية) في الجانب الاخر ، لها حرية الصرف وعرضة للجفاف خصوصا في سطح التربة . وهي كذلك توفر متطلبات اقل للانبات ، البذور ربما تزرع اعمق في مثل هذه الترب ، الزراعة الضحلة ربما تسبب الجفاف للبذور بعد تشربها بالماء .
- **عمق رطوبة التربة الجاهزة Depth of soil moisture available :-** هذه الصفة مرتبطة مع نوع التربة . الترب الطينية لها طاقة استيعاب عالية للماء من الترب الرملية . سطح التربة الرملية تكون عرضة للجفاف واذا لم تضاف

الرطوبة التكميلية خلال الانتاج ، فان عمق رطوبة التربة ينخفض ، مما يتطلب عمق اكثر لمكان وضع البذرة . هناك انواع من البذور التي تزرع اعمق حوالي (5 سم) بضمنها الذرة الصفراء والبزاليا . الحنطة تزرع بعمق متوسط حوالي (3.8 سم) بينما الجت والبرسيم الاحمر يزرعان بعمق حوالي (1.6 سم) وكقاعدة عامة البذور تزرع بعمق حوالي 3 – 4 مرات بقدر حجمها .

2- الكثافة النباتية Plant Density :- الكثافة النباتية تتحدد بمستوى البذار للمحصول او عدد النباتات في وحدة مساحة الارض ، مستوى البذار يحسب عن كثب لتاسيس محصول مثالي . زيادة البذار (يسبب كثافة تنافسية على مستوى النباتات) او البذار تحت المطلوب (ينتج في الاستعمال الناقص للمدخلات) وتخفض انتاجية المحصول . البذور التي تحتاجها لزراعة اية مساحة تحسب كوزن ليس عدد .

$$\frac{\text{وزن البذور}}{\text{وحدة المساحة}} = \frac{\text{عدد النباتات في وحدة المساحة المطلوبة}}{\text{عدد البذور في وحدة الوزن}\times\text{الانبات \%}\times\text{النقاوة \%}}$$

كمية البذار للنسبة المحددة للبذور الحية (Percent Live Seed (PLS في الهكتار تحسب كما ياتي :-

PLS / هـ = { عدد الكيلوغرامات المطلوبة من PLS / هـ } / $\frac{\% PLS}{100}$

اذ ان PLS % = { الانبات % × النقاوة % / 100 } او

$$\frac{\text{النسبة المئوية للانبات} \times \text{النسبة المئوية للنقاوة}}{\mathbf{100}}$$

وهكذا فان هذا هو عبارة عن تقدير اذ من المتعارف عليه عند المنتجين لكي يضبطوا كميات بذارهم واستعمال كمية اكبر لتشمل الفواقد المتوقعة لكي يصبح التقدير اكثر فعالية فان اي تقدير لمستوى البذار يجب ان ياخذ بنظر الاعتبار العوامل الاتية :-

1- نسبة البذور الحية النقية Pure live seed ratio :- نسبة البذور الحية النقية تشمل عاملين هما النقاوة ونسبة الانبات وهذا دليل واقعي (حقيقي) للبذور التي تحسب وتعطي الفرصة لانشاء محصول جيد .

2- قابلية النباتات على المنافسة Plants capacity for competition :- انتاج المحاصيل يتضمن زراعة النباتات في مجتمع (كثافة) كنباتات نقية (نفس نوع المحصول) او مخلوط (انواع مختلفة من المحاصيل) .

قابلية النبات على المنافسة تعتمد على خصائص معينة للنبات بضمنها الشكل الهندسي (المعماري) او التركيب البنائي النبات . النباتات الكبيرة ذات الخيمة النباتية الكبيرة تزرع بمسافات واسعة في الحقل بالمقارنة مع نباتات ذات الخيمة الاصغر بسبب ان الاولى تحتاج وتستعمل مسافة اوسع . المسافات الضيقة تقلل الافرع والاشطاء . الاصناف غير محدودة النمو تتطلب مسافات اكثر من الاصناف محدودة النمو . عندما تزرع انواع نباتات المحاصيل في مخاليط ، كما يحدث غالبا في زراعة محاصيل العلف فان قابلية المنافسة للنبات تصبح اكثر حرجة مما في حالة الزراعة بصورة مفردة . قابلية المنافسة الضعيفة كما في خف الطير (Birdsfoot) تجعله عرضه للاخماد من قبل انواع اكثر هيمنة عليه .

3- ظروف الزراعة Culture Conditions :- الكثافة النباتية التي يتبناها المنتج وتتاثر بنظام الانتاج ، مع الاخذ بنظر الاعتبار مستوى المدخلات تحت ري وتسميد عاليين ، المنتج يمكن ان يقدر التكاليف لاستعمال كثافة نباتية اعلى . التغذية يجب ان تكون تكميلية وبالتالي تقل المنافسة على الموارد . الكثافة النباتية المنخفضة يوصى بها تحت الظروف المطرية (الديمية) . عموما كمية البذور لوحدة المساحة تتضاعف تحت نظام الري الاصطناعي . على سبيل المثال ، 10 باوند من البذور في الايكر من الذرة الصفراء تستخدم تحت الظروف الديمية

بينما 20 باوند من البذور في الايكر تستخدم تحت ظروف الري . مستويا البذار هذين يعطيا حوالي 13.000 نبات و 26.000 نبات في الايكر على التتابع.

درجات الحرارة والرطوبة ايضا حرجة في انتاج المحصول . الموسم و موعد الزراعة يؤثران في الكثافة النباتية . الشد الرطوبي يكون اعلى في الزراعة الصيفية لذلك فان الكثافة الاقل للنباتات تكون اكثر ملائمة .

3- ترتيب النبات Plant Arrangement :-

ترتيب النباتات في الحقل يتاثر ببعض العوامل التي تؤثر في الكثافة النباتية . البذور ربما توزع في الحقل وفقا لثوابت محددة سلفا وبمسافات متجانسة او توزيع عشوائي . نمط التوزيع يعتمد على عوامل عدة منها حجم البذرة ونظام الانتاج . النوع الشائع لتوزيع النباتات في الحقل ربما تقسيم الى فئتين هما :-

- **توزيع عشوائي Random Distribution :-** توزيع البذور العشوائي يدعى النثر (Broadcasting) البذور الصغيرة الحجم من الصعوبة زراعتها بشكل منفرد ، لذلك فهي توزع بدون تحديد مسبق للمسافات بين النباتات او توزيع نظامي . المحاصيل الحقلية التي تزرع بهذه الطريقة تشمل الحنطة ، الشوفان ، الرز ، الحشائش العلفية والبقوليات العلفية . المحاصيل التي تزرع بطريقة النثر تزرع بكثافة عالية بسبب فقد التحديد (النظام) ، مثل هذه العمليات ليست قابلة بسهولة لبعض النشاطات مابعد الزراعة مثل العزق والتسميد والمكافحة لان تعريض النباتات الى الدوس . اما الفوائد (Advantages) من الزراعة بطريقة النثر هي :-

- **سرعة البذار Rapid seeding :- المزارعون الصغار والذي لا يمتلكون وسائل انتاج حديثة ربما يزرعون بالطريقة اليدوية .**
- **ملائمة للمحاصيل ذات البذور الصغيرة والتي من الصعوبة زراعتها بشكل منفصل كما في الحبوبيات (الحنطة ، الشعير ، الرز ....)**

اما مساوئ الزراعة بطريقة النثر فانها تقود الى عدم تجانس انتشار البذور على مساحة الحقل بشكل متماثل لاسباب عدة الا اذا استعملت المكننة :-

- قياس البذور لا يكون بمعدل متماثل .
- توزيع غير جيد للبذور غالبا مايحصل ، خصوصا تحت ظروف الرياح و المناطق الوعرة غير المستوية .
- تفاوت العمق لمكان وضع البذرة ينتج من عدم التماثل في تغطية البذور من عمليات التغطية الميكانيكية التي تكون مطلوبة بعد توزيع البذور .
- بعض البذور ربما لا تغطى ولذلك ربما لاتنبت .
- تتطلب معدلات بذار عالية لتعويض الفواقد .

- **توزيع منتظم Patterned (Structured) Distribution :-** البذار الحقلي ربما تعمل بنظام محدد سلفا لتنفيذ واستيعاب عمليات مابعد البزوغ واستعمال مثالي للموارد الارضية ، بينما تضييق المسافات بين النباتات غير مرغوبة لانه ينجم عنها المنافسة بين النباتات . هناك انماط عدة للتوزيع التي يمكن ان تستعمل وهي :-

- **نمط السطور Drill Pattern :-** التسطير تختص بها النباتات ذات الكثافات العالية جدا والمسافات القريبة جدا ، ويسمى التسطير الصلب (solid drilling) والسطر الصلب هو الخط الذي تسرب فيه البذور متواصلة دون ترك فراغات واضحة بين بذرة واخرى ضمن او بين الخطوط . البذور الاكبر (مثل فول الصويا) ربما يتم تسطيرها بشكل جيد . المسافة بين الخطوط في عمليات التسطير ربما تكون (12.5 - 30 انج) . المسافة الضيقة تحد من عمليات ما بعد البزوغ . التسطير يعمل بالمكائن وتستخدم بشكل واسع لنباتات البذور الصغيرة مثل (الشعير ، الشوفان ، الرز ، الحنطة ومحاصيل العلف) .

هذا النمط من التوزيع يسمح للبذور بالزراعة بشكل متماثل وبعمق محدد سلفا . اما المسافات بين الخطوط الاوسع ، التسطير في هذه الحالة ربما يسمح بحصاد النباتات والعمليات الزراعية مابعد البزوغ يمكن تطبيقها بدون صعوبة . المسافات بين الخطوط تعمل لتكييف المعدات للاستعمال خلال عمليات مابعد البزوغ (العزق ، اضافة مبيدات الافات ، التسميد والحصاد) .

- **الزراعة على خطوط Row Planting :-** الزراعة على خطوط تستلزم اكثر دقة للمسافات بين البذور ضمن الخط او بين الخطوط وبمسافات كافية لنشاطات ما بعد البزوغ . البذور ربما توضع في الخطوط بواحدة او ثلاثة انماط عموما يختلف بالنمط اعتمادا على عدد البذور التي توضع في بقعة واحدة .

1- زراعة السطور Drill Planting :- الزراعة في سطور تختلف عن المحاصيل التي تزرع بالسطور التي ذكرت سابقا . البذور توضع بشكل منفرد بمسافات محددة سلفا بين البذور المتجاورة في الخط . هذه اكثر الطرق المستعملة شيوعا لاغلب زراعة محاصيل الخطوط . البذور ربما تسطر في خطوط مفردة او مزدوجة .

2- الزراعة في جور Hill drop :- اثنين او اكثر من البذور ربما توضع بمجموعة في حفره او بقعة تدعى الجورة (hill) الفائدة من هذا النظام في التوزيع اننا سنحصل على بادرة واحدة على الاقل ستنمو وتنشأ في الجورة . المحصول سيواجه المنافسة بين النباتات في الجورة الواحدة وهذا ربما يؤثر بشكل مختلف على انتاجية الحصول .

4- وقت الزراعة Time of Planting :- البذار الحقلي يجب ان يعمل في الوقت الملائم . الظروف الجوية المناسبة غير متواصلة للزراعة على مدار السنة هناك نافذة محددة للفرصة التي يجب استغلالها لتحقيق احسن النتائج . العديد من مناطق انتاج المحاصيل لها موسم محصولي كبير وطويل ، وموسم محصولي قصير

ثانوي . وقت البذار حرج خصوصا اذا كان الانتاج ديمي (يعتمد على الامطار) الوقت المثالي للبذار يتم اختباره لعدة مواسم وتتضمن ماياتي :-

- ظروف التربة المثالية لحدوث الانبات في وقت محدد من موسم الزراعة .
- الامراض والافات التي تدمر البذور والبادرات ربما تكون سائدة اكثر في اوقات محددة من موسم الزراعة .
- هناك وقت افضل للبذار في الحقل لتحقيق اطول موسم للنمو (مثل تجنب الصقيع والتي توفر اعلى مدة للتركيب الضوئي) وتجنب مشاكل الطقس و الافات عند الحصاد .

المنتجون في بعض الاحيان ربما يستطيعون التلاعب ببيئة التربة للزراعة المبكرة (بوساطة رفع مهد التربة مثلا او التغطية لتدفئة التربة) . الزراعة المبكرة ربما تعرض المحصول للخطر اثناء نموه اذا حدث طقس مختلف غير متوقع (الصقيع مثلا) .

الزراعة المتاخرة ايضا ، ربما تقلل الحاصل بسبب فقد جزء من موسم النمو . الموسم البارد للمحاصيل الحقلية مثل الحبوبيات الربيعية تزرع مبكرة لكي تستطيع تحمل البيئة الباردة خلال الجزء المبكر من الربيع .

5- طرق الزراعة Methods of Planting :- البذور ربما تزرع يدويا او بواسطة استخدام انظمة المكننة

- **البذار اليدوي Manual seeding :-** الزراعة اليدوية تتضمن الادوات المحمولة باليد التي ربما تكون بسيطة كالقضيب الذي يستعمل في حفر جور ضحلة توضع فيها البذور وتغطى البذور بالتربة ، على سبيل المثال يستخدم الدك او الضغط بالقدم . عمليات الزراعة هذه ربما لا تكون يدوية بشكل كامل المكائن ربما تستخدم لحفر الحفر للبذور . الزراعة اليدوية مناسبة (تطبيقية) لبذار البذور الصغيرة . ومن مزاياها :-

- لا تحتاج الى ادوات اساسية للزراعة اليدوية .
- هذه الطريقة في الزراعة غير مكلفة وملائمة للالواح الصغيرة من الارض (الحدائق البيتية) .

اما العيوب (Disadvantages) هي مايلي :-

- الاجتهاد البشري يستخدم في الزراعة اليدوية ويقود الى اخطاء خصوصا عندما يصبح العامل مرهق .
- الزراعة اليدوية عملية مملة وغير مناسبة السرعة للمساحات الواسعة.
- العملية بطيئة
- نتائجها في العمق المتفاوت لمكان البذرة يقود الى انبات متفاوت وانشاء محصول متفاوت ايضا
- المسافات المتفاوتة و توزيع النباتات كذلك يكون غير متجانس ، لذلك فهي غير مناسبة للبذار وعمليات التسميد مع مثل هذه الطريقة .

- **البذار الميكانيكي Mechanized Seeding :-** البذار الميكانيكي ينجز بثلاث فئات من الادوات : الباذارت الناثرة Broadcast Seeders، ومسطرات الحبوب Grain Drills وزارعات المحاصيل بخطوط Row Crop Planters . لذلك الادوات من اية هذه الفئات الثلاث المذكورة ربما يمكن تنظيمها (تعييرها) لانواع مختلفة من البذور ، الفئة الرابعة من الادوات ، تدعى الزارعات الخاصة Specialized Planters ، صممت لزراعة محاصيل خاصة . ومن الامثلة على هذا النوع من الادوات هي زارعة البطاطا وزارعة التبغ . الباذرة ربما تربط مع ادوات ادارة المحصول الاخرى المشابهة (مثل المسمدة) ، من اجل عمل عدة عمليات عدة في مرة واحدة . هذه تختصر الوقت وتقلل عدد الالات التي تمر فوق التربة (التي تسبب دك التربة) .

البادرة الميكانيكية لها ثلاث اجزاء رئيسية : حاوية البذور و المجزءة حسب القياس التي تجهز البذور للجور التي فتحت لوضع البذور فيها اجهزة تجزأة البذور حسب القياس تعمل بطرق مختلفة ، بعضها له عجلة محددة للبذور لتستقبلها خلال اي فتحة في اسفل الحاوية ، بالاضافة الى ان هذه الادوات مجهزة بفجاجات الاخاديد (فاتحة بدسك مزدوج او الفجاجة السريعة) . الفجاجة ذات القرص المزدوج اكثر ملائمة لقطع متبقيات المحصول السابق وبالتالي توصي للحقل المزروع التي تكون فيها الحراثة الحافظة (الفاتحة السريعة تستخدم بشكل افضل في نظام الحراثة الحافظة)

الباذرات الناثرة Broadcast Seeders

هذه يمكن ان تعمل من الجو بوساطة الطائرة او على الارض بوساطة الجرار . توزع البذور بعشوائية ولكن بأسلوب متجانس . مهد البذرة يجب ان يعمل بشكل جيد لهذه العملية لكي تنجح . هذه البادرة لها تصاميم مختلفة لهذا لا توجد اجهزة لفج التربة وهذه البادرة عادة تتبعها الة تغطية البذور بالتربة .

مسطرة الحبوب Grain Drills

مسطرة الحبوب (البادرة) تستعمل عندما يتطلب مستوى عالي من البذار و كما في بذار الحبوب الصغيرة . في مثل عملية البذار هذه الخطوط تكون قريبة من بعضها (بذار متواصل) ولاتتيح الفرصة لاي تطبيقات زراعية بعد انشاء المحصول مثل الفلاحة الميكانيكية بين خطوط النباتات . في بعض الحالات البذور تسطر بمسافات قريبة جدا ، بينما في الحبوب الكبيرة مثل فول الصويا توضع البذور قريبة ولكن بمسافات محددة سلفا . بادرة الحبوب يمكن ان تكون حاوية للوازم مثل موزعة

السماد معا . السلاسل المسحوبة وعجلات الضغط ربما كذلك تربط لتغطية البذور وتسوية التربة بعد وضع البذور .

زراعات محاصيل الخطوط Row – Crop Planters

هذه الالات تستعمل لزراعة بذور المحاصيل التي يمكن ان تستقبل بعد التاسيس عمليات زراعية بوساطة الات ميكانيكية ، الزارعات يمكن تعييرها لزراعة البذور في نمط جور (متقاربة الصفوف) ، تشبه مسطرة الحبوب ، زراعة المحاصيل بصفوف ربما تكون ملائمة مع لوازم لتوزيع السماد او اضافة مبيدات الادغال مع البذار . وهذه ربما ملائمة للزراعة في تقليل انظمة الحراثة .

النشاطات المتعلقة بالبذار Seeding – Related Activity

عمليات محددة تعمل مرتبطة مع البذار لتوفير الوقت وتقليل انضغاط التربة بسبب تعدد المرور فوقها . احدى النشاطات المتعلقة بالبذار الشائعة هي التسميد بصفوف

- بعض مسطرات الحبوب وزارعات الخطوط لها حاويات مزدوجة واحدة للبذور والاخرى للسماد .
- مبيدات الاعشاب ربما تضاف بنفس الطريقة كما السماد بوساطة ربط حاوية لها
- لضمان انبات مناسب . الري التكميلي ربما يكون ضروري في مناطق قليلة الامطار .
- الترقيع كذلك نشاط مرتبط مع البذار وتاسيس وتجانس المحصول ، تحت ظروف معروفة ، الحقل ربما يجهز باعلى كمية بذار وبعد ذلك يخف الى الكثافة النباتية المطلوبة . هذه مكلفة وتكلف وقت لتجنب هذه الخطوة المنتج يبدأ مع بذور ذات نوعية عالية واستعمال بذار دقيق لتوزيع بذور افضل للحصول على مستوى البذار المطلوبة والوصول الى الكثافة النباتية المثالية.

محصول جيد قائم لذا فان كل عوامل المنافسة يجب ازالتها او تقليلها لادنى مايمكن . المنتج يجب ان يكافح الادغال والافات الاخرى . البذور ربما تعامل بمبيدات الفطريات (تعفير البذور) قبل الزراعة خصوصا في الترب المصابة بالفطريات . بذار البقوليات ، خصوصا فول الصويا ، ربما يرافقه معاملة البذور باللقاح البكتيري *Rhizobia japanicum* ، لانشاء العقد لتثبيت النيتروجين الجوي .

الفصل الثامن

الكثافة النباتية

PLANT POPULATION

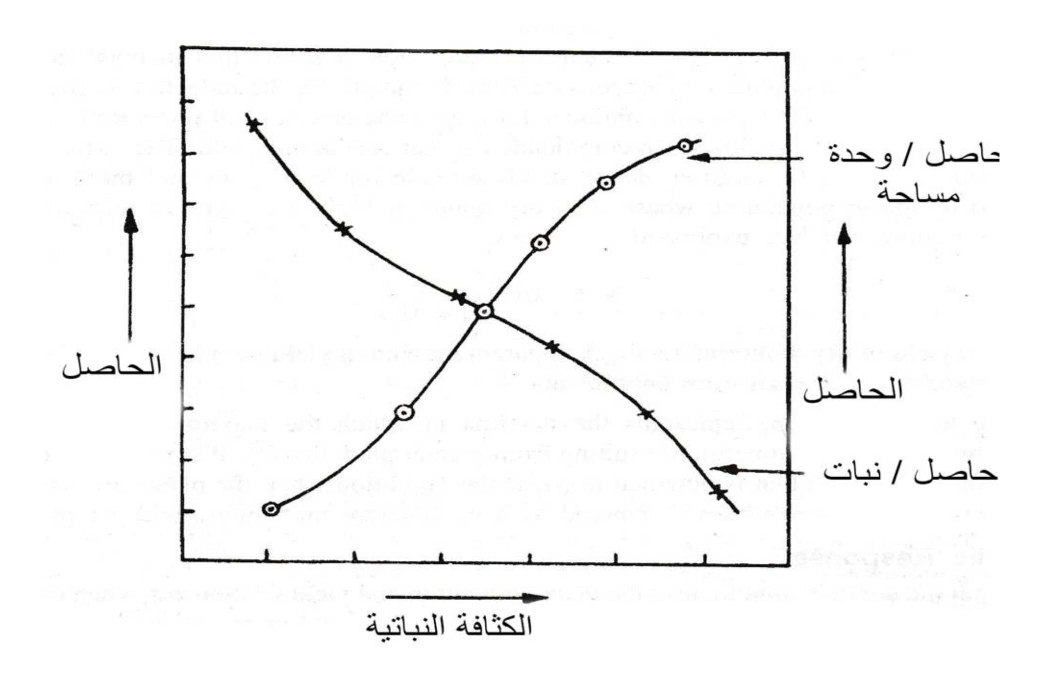
حاصل المحصول هو نتيجة للكثافة النباتية في وقت الحصاد التي تعتمد على عدد البذور الحية التي وضعت في التربة والقابلة للانبات ونسبة انباتها ومعدل بقائها على قيد الحياة . ان تاسيس عدد نباتات مثالي في وحدة المساحة يعد ضروريا للحصول على الحد الاعلى للحاصل . في المحاصيل التي تزرع في ترب ذات خزين رطوبي قليل والمعتمدة على الامطار يجب ان لا تكون الكثافة النباتية عالية لاستنفاد الرطوبة قبل الوصول الى مرحلة النضج التي ربما تكون قليلة بحيث لا تستطيع النباتات الانتفاع منها اثناء مدة النمو . اما تحت ظروف الرطوبة الكافية والتربة الخصبة بالمغذيات فان الكثافة العالية تبدو ضرورية وذلك للانتفاع من عوامل النمو الاخرى بكفاءة عالية . عندما تكون الرطوبة والمغذيات غير محدودة فان حاصل المحصول ستحدده الاشعة الشمسية لذا فان مستوى الكثافة النباتية يجب ان يكون قادرا على اعتراض اعلى مايمكن من الاشعة الشمسية والتي تحول الى طاقة كيميائية للحصول على اعلى مادة جافة يتحول الجزء الاكبر منها الى حاصل اقتصادي .

حاصل النباتات المفردة وحاصل المجتمع النباتي

Yield of Individual Plants and Community

ان الحاصل الكلي الاقصى للنبات المفرد يتم تحقيقه عندما تزرع النباتات بمسافات واسعة ، اما عند زراعتها بكثافة عالية (مسافات ضيقة) فان التنافس بين النباتات على عوامل النمو يكون اعلى مما يسبب اختزالا في حجم النبات وحاصله .

حاصل النبات ينخفض تدريجيا كلما ازدادت الكثافة النباتية في وحدة المساحة (شكل 1.8) .



شكل 1.8. حاصل النباتات المفردة والمجتمع النباتي وتاثرهما بالكثافة النباتية

وعلى اية حال فان الحاصل في وحدة المساحة يزداد بزيادة كفاءة الانتفاع من عوامل النمو الطبيعية (الضوء ، الماء ، المغذيات) وان اعلى حاصل في وحدة المساحة لذلك يمكن الحصول عليه عندما تتعرض النباتات المفردة الى تنافس شديد .

الكثافة النباتية والنمو Plant Population and Growth

الكثافة النباتية العالية تسبب تحويرا معينا في نمو النباتات . ارتفاع النبات يزداد بزيادة الكثافة النباتية ذلك بسبب المنافسة على الضوء وفي احيان معينة وكنتيجة لزيادة بسيطة في الكثافة النباتية . ان ارتفاع النبات لا يزداد بل على العكس يقل بسبب المنافسة على الماء والمغذيات ولكن ليس على الضوء . الزيادة في ارتفاع النبات الناجمة عن زيادة الكثافة النباتية تعد اشارة رمزية جيدة لاعتراض افضل للضوء وذلك

نتيجة لتعرض الاوراق المفردة للنباتات في فواصل شاقولية اعرض (المسافة بين ورقة والتي تليها) ومن التكيفات الاخرى للكثافة النباتية الاعلى هو حصول اختزال في سمك الورقة . كما ان ترتيب الاوراق يتبدل نتيجة لضغط الكثافة على النبات ، ففي الكثافة العالية تميل الاوراق لان تكون قائمة وضيقة وتترتب بفواصل شاقولية اطول وهكذا فان الهندسة الفراغية لتوزيع النباتات على وحدة المساحة هي التي تكون مرغوبة لاعتراض الضوء . انتاج المادة الجافة في وحدة مساحة الارض يزداد بزيادة الكثافة النباتية الى حدود معينة والى ان يكون الاختزال في نمو النباتات اكثر من التعويض الذي يمكن تحققه تلك الزيادة باعداد النباتات في وحدة المساحة . ان حاصل وحدة المساحة يزداد بزيادة عدد النباتات في وحدة المساحة لان الحاصل الكلي هو تجميع لحاصلات النباتات المفردة وكلما زادت الكثافة النباتية انخفض حاصل النبات المفرد نتيجة للمنافسة لذا فان تعويض نقص حاصل النبات المفرد عادة يتم تعويضه بزيادة في عدد نباتات اكثر الا ان العدد المضاف يعمل على ان كمية اكبر من النقص في حاصل النبات المفرد لحين الوصول الى حد تصبح فيه المنافسة على اشدها بين النباتات وفي هذه الحالة فان اي زيادة في عدد النباتات لا تعوض نقص حاصل النباتات المفردة عندها نصل الى الحدود العليا للكثافة المرغوبة .

الكثافة النباتية والحاصل Plant Population

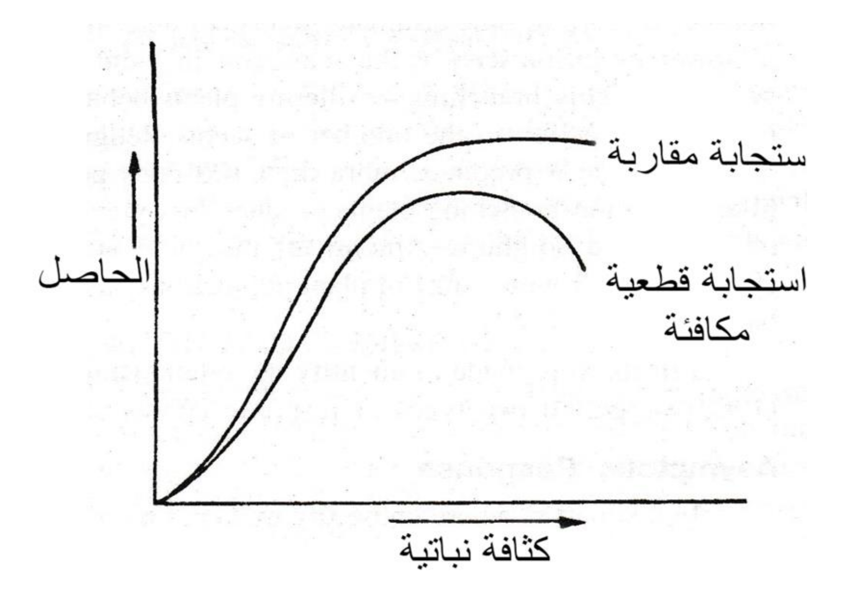
اختزال حاصل النبات المفرد في النباتات المزروعة بكثافة عالية ناجم عن نقص في عدد الرؤوس (الرؤوس الثمرية) في النباتات غير محددة النمو اما في النباتات المحدودة النمو التي ينتهي فيها البرعم الطرفي الى زهرة او نورة زهرية فان اختزال الحاصل يحصل لقلة حجم السنابل او الداليات او العرانيص تحت الكثافات العالية . التفريع العالي واعطاء الاغصان الكثيرة في النباتات غير محدودة النمو فان نقص الحاصل يكون نتيجة لقلة عدد البذور . نبات الماش ينتج حوالي 20 قرنة للنبات عندما يزرع بكثافة 333.333 نبات / هكتار بينما يعطي 100 قرنة للنبات عندما

يزرع بكثافة 50.000 نبات / هكتار . على العكس ففي النباتات التي لا تعطي فروع او اغصان مثل الذرة الصفراء او الذرة البيضاء فان نقص الحاصل يحصل نتيجة لاختزال حجم العرنوص او الراس ومن بين مكونات الحاصل الوزن الاختباري (حجم البذور) يعد صفة ثابتة تحت مدى واسع من الكثافات النباتية وتحت كثافات عالية جدا فان النبات يصبح عاري من الثمار او البذور .

قدم Holliday (1960) توصيفا للعلاقة بين الكثافة النباتية والحاصل اذ اقترح نوعين من منحنيات الاستجابة هما المنحني المقارب (asympotical) و القطعي (parabolic) .

الاستجابة المنحنية المقاربة Asympotical Response

عندما تكون كل المادة الجافة تمثل الحاصل الاقتصادي كما في حالة المحاصيل العلفية او اغلب المادة الجافة كما في التبغ فان الاستجابة لزيادة الكثافة النباتية تكون منحنية مقاربة (asympotical response) كما في الشكل (2.8)



شكل 2.8. التمثيل البياني لمنحنى الاستجابة المقاربة القطعية

وعندما تعطى النباتات مسافة واسعة فان المادة الجافة تزداد في وحدة المساحة كلما زادت الكثافة النباتية وهذا ما يؤكد قلة المنافسة بين النباتات المتجاورة او تكون منافسة منتظمة (متوازنة) بين النباتين المتجاورين .

الزيادة الاضافية للكثافة النباتية تزيد من المادة الجافة للنباتات الفردية بمعدلات متناقصة الى ان تصل الى حد جوهري للمنافسة بينها عندها يبدأ الانخفاض الحاد في المادة الجافة للنباتات المفردة ويكون الانخفاض اكثر من كمية التعويض التي تعطيها زيادة عدد النباتات في وحدة المساحة .

ان الزيادة الاضافية في الكثافة النباتية الى حدود معينة تنتج عنها هضبة في المنحنى اي ثبوت لمسافة معينة في الحاصل (لا زيادة ولا نقصان) اي زيادة الكثافة لا يرافقها تغير في معدل حاصل المادة الجافة في وحدة المساحة وتستمر هضبة الثبوت في المنحني كاستجابة لزيادة كبيرة في الكثافة النباتية وهنا لا يتحقق شيء سوى زيادة في كلفة البذور الاضافية . السؤال المطروح لماذا يتم زيادة الكثافة القائمة للمحاصيل العلفية ؟ بهدف الحصول على اعلى حاصل هو لزيادة عدد السيقان والاوراق (للعلف الاخضر) مقارنة بالكثافة الاقل اذ ربما يزداد حاصل المادة الجافة على حساب الحاصل الاخضر . هذا النوع من الاستجابة تعطي منحنى مقاربة (asymptotic curve) التي يعبر عنها كما ياتي :-

$$\boldsymbol{Y = Ap + \frac{1}{1 + Abp}}$$

اذ ان :-

Y :- حاصل المادة الجافة في وحدة المساحة ، A :- اعلى حاصل للنبات

P :- عدد النباتات في وحدة المساحة ، b :-مكافئ الانحدار الخطي

ان $\frac{1}{1+Abp}$ تمثل الحد الذي عنده يقل الحاصل الاعلى (A) لزيادة التنافس الناتج عن كثافة نباتية اكبر . ويعبر عنه بعامل التنافس (competition factor) . الحاصل الاعلى الذي يتم الحصول عليه تحت ظروف معينة عندما تزرع النباتات بمسافات واسعة مع عدم وجود منافسة هذا يدل على ان (A) او اعلى حاصل للنبات تم الوصول اليه .

استجابة مقطع مكافئ (استجابة قطعية) Parabolic Response

منحنى استجابة القطع المكافئ (الاستجابة القطعية) تستعمل لوصف العلاقة بين الحاصل و الكثافة النباتية عندما يكون الحاصل الاقتصادي يمثل جزء من المادة الجافة الكلية للنبات . يزداد الحاصل بزيادة الكثافة النباتية حتى يصل الى حده الاعلى وعلى اية حال فان الاستجابة القطعية لا تشبه الاستجابة المقاربة اذ ان الحاصل يقل مع زيادة اضافية بالكثافة النباتية وكما موضح بالشكل (3.8) ادناه ولقد اقترح Holliday (1960) بان هذا المنحنى يمكن ان يحول الى المعادلة من الدرجة الثانية .

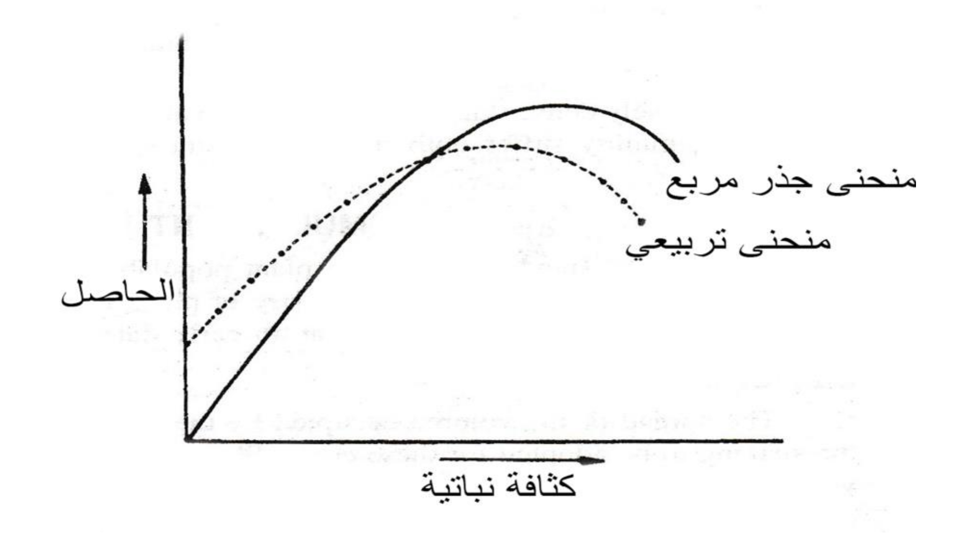
$$\mathbf{Y = a + bp + cp^2}$$

اذ ان :-

Y : الحاصل في وحدة المساحة

P :- الكثافة النباتية

c,b,a :- مكافئات الانحدار .



شكل 3.8.التمثيل البياني لمنحنيات الجذر المربع والتربيعي

هناك استرجاع (drawback) في تمثيل استجابة الكثافة النباتية – الحاصل كدالة تربيعية ، فبزيادة الكثافة النباتية بعد الوصول الى اعلى حاصل فان الحاصل لا يرتد فجأة او سريعا اذ ان هناك هضبة في المنحني تستمر مع بعض معدلات الكثافة النباتية المستعملة بعد اعلى حاصل (ثبات معدلات الحاصل رغم زيادة الكثافة النباتية) الا ان هذا الثبوت يستمر بمدى محدد ويعتمد هذا المدى على مرونة النباتات . وهذا المفهوم لم يؤخذ بنظر الاعتبار في معادلة الدرجة الثانية .

دالة الجذر المربع Square Root Function

مساوئ معادلة الدرجة الثانية يمكن التغلب عليها بوساطة دالة لجذر المربع

$$Y = a + bp + c / p$$

وهذه غالبا تشبه الدالة التربيعية ماعدا جذر p يؤخذ بدلا من المربع (شكل 3.8)

الدالات التبادلية Reciprocal Functions

الدالات التبادلية يمكن استعمالها للتعبير عن العلاقة بين الكثافة النباتية والحاصل فالزيادة في متوسط الحاصل للنبات المفرد له علاقة مباشرة بكثافة النباتات ويعبر عنها في حاله الحاصل البايولوجي بما ياتي :

$$\frac{1}{w} = a + bp$$

اذ ان :-

w = وزن النبات المفرد

p = الكثافة النباتية / وحدة المساحة

a , b = ثابتان

اما وصف الحاصل الاقتصادي و الكثافة النباتية فان المعادلة التبادلية تكون :-

$$\frac{1}{w} = a + bp + cp^2$$

اذ ان a , b , c ثوابت

الحاصل البايولوجي والحاصل الاقتصادي

Biological yield and Economic Yield

ان العلاقة بين الحاصل البايولوجي والحاصل الاقتصادي علاقة متداخلة فعندما تمثل بيانات هذين المعيارين على نفس الرسم البياني فسيبدو من ذلك ان مستوى الكثافة النباتية التي يصل فيها الحاصل البايولوجي الى الهضبة هو مستوى الكثافة النباتية الذي نحصل فيه على اعلى حاصل اقتصادي .

في النباتات الفتية فان اغلب صافي التمثيل ينقل لبناء السيقان والاوراق وحينما يدخل النبات الى الطور التكاثري فان نواتج صافي التمثيل تتوزع بين السيقان والاوراق والنورات الزهرية . وحال عقد البذور فان اغلب نواتج التمثيل تتحرك الى البذور وهنا يحصل تنافس داخل النبات بين اجزائه المختلفة على نواتج التمثيل (بين الاجزاء الخضرية والتكاثرية) وهذا التنافس يشتد تحت الكثافات النباتية العالية كلما تزداد الكثافة النباتية فان تغيرات ربما تحصل في عمليات توزيع نواتج صافي التمثيل الى الاجزاء المختلفة للنبات ما ينجم عنها حصول نسبة عالية من النباتات التي ربما تكون غير منتجة . انتاج البذور عند ذلك يبدي هبوطا بينما يبقى الانتاج الكلي للمادة الجافة ثابتا

Donald (1963) شرح العلاقة بين الحاصل و الكثافة النباتية وبمساعدة المنافسة بين النباتات (inter – plant competition) والمنافسة بين اجزاء النبات الواحد (intra – plant competition) .

ففي الوقت الذي يحصل فيه تنافس ، والذي يحصل في فترات وبمستويات مختلفة من الكثافة النباتية . في النباتات ذات المسافات الواسعة او ذات الكثافة النباتية الاقل فان التنافس ينعدم او يقل الى حد كبير خلال مراحل النمو المبكرة . لذا فان عددا كبير من الازهار ينشأ في النبات الواحد وحيث ان النمو يتواصل فان تنافسا شديد بين النباتات يحصل خلال عقد الثمار وتطور الثمرة . ان حمل النبات لنورات زهرية اكثر مما يستطيع ان يتحمل المنافسة بين تلك النورات. فقدان الكفاءة في المسافات الواسعة هو الدليل على البذور القليلة في النورة الزهرية وقلة حجم البذرة مقارنة مع الاخرى التي تكون بكثافة اعلى وحيث ان هذه المنافسة بين اجزاء النبات الواحد ربما تزداد في الكثافة الواطئة .

في الكثافات المعتدلة فان التنافس بين النباتات يصبح اكثر تاثيرا في وقت نشوء الازهار . زيادة عدد الازهار المنتجة يقلل من قابلية النبات لملئ كل البذور العاقدة فيها

لذا فان عدد البذور بالنورة وحجم البذور في وحدة المساحة يكونا اكثر تحت هذه الظروف . اما تحت الكثافات العالية فان التنافس في وقت نشوء الازهار يكون من الشدة بين النباتات ضمن المجتمع النباتي وضمن النبات نفسه مما ينتج عنها انخفاضا في الحاصل .

الكثافة النباتية المثالية Optimum Plant Population

الكثافة المعتدلة او المثالية تعد ضرورية للحصول على اعلى حاصل . الكثافة النباتية المثالية تعتمد على حجم النباتات ومساحة الفراغ وطبيعة النبات وسعة الوصول الى المساحة الوقية المثالية في وقت مبكر ومعدل البذار المستعمل .

حجم النبات Size of Plant

ان حجم انتشار النبات او المساحة التي يحتلها النبات في وقت التزهير تؤثر في المسافات التي يجب ان توضع فيها نباتات المحصول اذ تختلف نباتات المحاصيل في احجامها لذا فان المسافات المعتمدة في توزيع النباتات للمحصول على وحدة المساحة تعتمد اساسا على حجمه ، فالماش والقطن وقصب السكر والذرة الصفراء والحنطة والدخن .... الخ ذات احجام مختلفة فالمحاصيل ذات الاحجام الكبيرة مثل القطن وقصب السكر تحتل مسافات اكبر في الحقل مقارنة بنباتات محاصيل الحنطة والرز والدخن الاصبعي ...... الخ التي تحتل مسافات اقل . وربما تختلف اصناف المحصول نفسها في حجوم نباتاتها فهجن الذرة الصفراء تختلف في حجومها او اصناف الحنطة كذلك .

مرونة النبات Elasticity of the Plant

التغاير في حجم النبات بين اقل حجم للنبات يمكن ان ينتج بعض الحاصل الاقتصادي الى اكبر حجم للنبات يمكن ان يصله تحت مسافات غير محدودة وتتوفر له مواد لنموه كذلك غير محدودة هي الاخرى تسمى مرونة النبات (elasticity of the plant) فهناك اصناف من بعض البقوليات يمكن ان ينتج النبات الواحد فيها 20 غم وزن جاف ويمكن ان يصل نفس النبات الى حجم لانتاج مادة جافة تصل الى 2000 غم للنبات . وبدلا من وزن النبات يعد عدد الاغصان والقرنات ذا فائدة اكبر في تحديد مرونة النبات اذ ان مرونة النبات لتلك الصفة يمكن تقديرها باستعمال معامل التغاير (Co – efficient of variation) والذي يرمز له (CV) فمعامل التغاير العالي يعني مرونة اعلى للنبات . لقد وجد ان مرونة الماش للتفريع وعدد القرنات هي 30 و 80 % على التتابع . المرونة للنمو وصفات الحاصل تكون اعلى لنباتات المحاصيل غير محدودة النمو وذات مدة النمو الطويلة لذا فان الكثافة النباتية المثالية للمحاصيل غير محدودة النمو نوعا ما اعلى فهناك بعض اصناف الماش الاحمر (غير محدود النمو) الكثافات المثالية فيها تتراوح بين 55 الى 133 الف نبات / هكتار . ان مرونة النبات عادة ماتكون ناجمة عن التفريع . مرونة النباتات المحدودة النمو تكون اقل وان مدى الكثافة النباتية لها يكون صغير كما في الذرة الصفراء والذرة البيضاء ...... الخ .

تغطية التربة Soil Cover

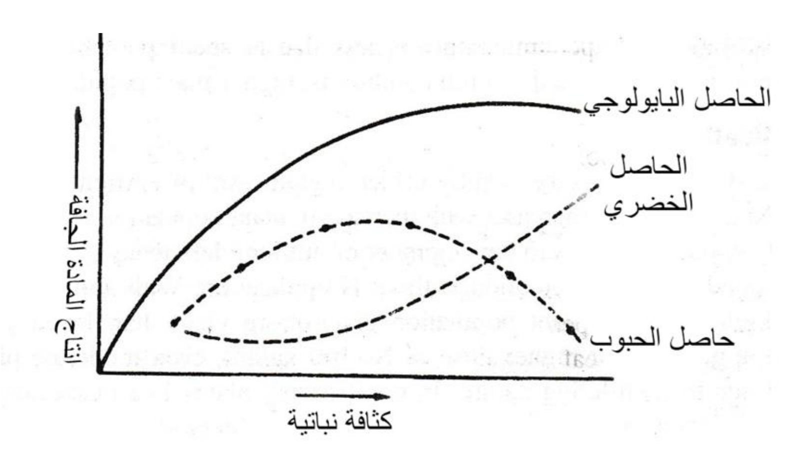
المحصول يجب ان يغطي التربة مبكرا لزيادة احتمالية اعتراض الضوء باقصى مايمكن اذ ان اعتراض الاشعة الشمسية وانتاج المادة الجافة يرتبطا بشكل مباشر فيما بينهما. عندما تكون طاقة الضوء جاهزة فان اعتراضها يتم حالا من قبل الكساء الخضري . لقد وجد ان المسافات المتقاربة لزراعة فول الصويا للوصول الى

اعتراض 95% من الضوء خلال 54 الى 55 يوم من الزراعة تعطي 26 الى 32 % حاصلا اعلى مقارنة بالمسافات الاوسع .

توزيع المادة الجافة Dry Matter Partitioning

ان انتاج المادة الجافة له علاقة بكمية الضوء المعترضة من قبل الخيمة النباتية فعندما تزداد الكثافة النباتية فان الخيمة النباتية تتوسع بشكل اكبر مما يرافقها اعتراض اكبر للضوء وانتاج اكبر من المادة الجافة خصوصا في المراحل المبكرة للنمو وقبل انغلاق الخيمة النباتية . شكل (4.8) .

كل نبات يجب ان يعطي كمية معينة من المادة الجافة في الانسجة الخضرية قبل اي توزيع لصافي التمثيل يتم نقله الى الانسجة الثمرية وبزيادة الكثافة النباتية فان انتاج المادة الجافة في الاجزاء الخضرية يزداد هو الاخر وباعتباره هو الحاصل البايولوجي لذا فهو يزداد بزيادة الكثافة النباتية لحين الوصول الى نقطه وبعدها فان اي زيادة اضافية بالكثافة النباتية لا تؤدي الى اي زيادة في الحاصل البايولوجي . الحاصل الاقتصادي يزداد بزيادة الكثافة النباتية حتى الوصول الى نقطة معينة وبعدها يبدأ الحاصل الاقتصادي بالتناقص بزيادة الكثافة النباتية . كما في الشكل (4.8)



شكل 4.8. التمثيل البياني للعلاقة بين الكثافة النباتية وانتاج المادة الجافة

الكثافة النباتية المثالية والمحيط البيئي

Optimum Plant Population and Environment

تختلف الكثافة النباتية لاي حصول باختلاف الظروف المحيطة التي ينمو تحتها نباتات ذلك المحصول لذا لا يمكن تعميم توصية معينة للكثافة النباتية المثالية لان الظروف التي ينمو تحتها المحصول تختلف باختلاف الفصول والمواقع فضلا عن اختلاف ممارسات ادارة المحصول والاصناف المراد زراعتها .

موعد الزراعة Time of Sowing

يتعرض المحصول الى ظروف مناخية مختلفة عندما يزرع بمواعيد مختلفة ومن بين اكثر العوامل المناخية تاثيرا في الكثافة النباتية المثالية هما طول النهار والحرارة . فالاصناف الحساسة للضوء تستجيب لطول النهار ما ينتج عنه تغير في حجم النبات . لقد وجد ان نباتات محصول الماش الاحمر الذي يزرع كمحصول شتوي يكون حجمها نصف حجم النباتات التي تزرع في موسم الدفئ .

الكثافة المثالية لهذا المحصول هي 55 الف نبات / هكتار للزراعة الصيفية وتزداد الى 333 الف نبات / هكتار للزراعة الشتوية ، فالحرارة المنخفضة تعيق النمو. الكثافة العالية تؤسس لتغطية سريعة للتربة . في الذرة البيضاء عندما يكون المناخ ملائم خلال المدة قبل التزهير فان الكثافة النباتية المثالية 200000 نبات / هكتار وعندما تكون ظروف المناخ غير ملائمة قبل التزهير فان الكثافة النباتية تصل الى 400000 نبات / هكتار .

الري Irrigation

من المعروف ان الكثافة النباتية تكون اقل تحت ظروف الزراعة المطرية مقارنة بالزراعة الاروائية وعلى اية حال هذا ينطبق على المحاصيل التي تزرع على رطوبة التربة المخزونة والى حد ما في المواسم التي تطول مدة الجفاف بين سقوط مطرتين . تحت هكذا ظروف فان التبخر من سطح التربة يكون قليل او معدوم لان سطح التربة جاف لذلك فان النتح هو المكون الرئيسي للتبخر – نتح (ET) ومع الكثافة النباتية العالية فان النتح يكون اكثر مسببا اجهاد في الاطوار المتاخرة لنمو المحصول وتحت ظروف تكون فيها رطوبة التربة كافية فان التبخر – نتح يكون نفسه تحت الكثافات النباتية المختلفة . تحت كثافات نباتية اعلى فان مزيدا من الماء يتم فقده خلال عملية النتح منه الى التبخر نتيجة لانخفاض درجة حرارة التربة بسبب الظل الذي تسببه النباتات . تحت ظروف الري الكامل او التوزيع المتجانس للامطار فانه يوصى بكثافة نباتية اعلى .

اضافة الاسمدة Fertilizer Application

تكثيف النباتات يعد ضروريا للانتفاع بمستويات اعلى من المغذيات في التربة لبلوغ الحاصل الاقصى . اخذ المغذيات يزداد بزيادة الكثافة النباتية . الكثافة النباتية العالية تحت ظروف الخصوبة المنخفضة تؤدي الى تطور علامات نقص العناصر فعلى سبيل المثال لا يستجيب الرز للكثافة النباتية من دون اضافة النيتروجين او باضافة كمية متواضعة من النيتروجين (50 كغم N / هكتار) ان الكثافة الاعلى تعطي حاصلا اعلى من الكثافة الاقل وباضافة جرعة عالية من سماد النيتروجين (100 كغم N / هكتار) فحتى الكثافة النباتية المتوسطة تعطي حاصلا عاليا بسبب طبيعة التفريع في نباتات الرز . في المحاصيل التي لا تعطي اشطاء مثل الذرة الصفراء للحصول على حاصل عالي في تربة خصبة يجب زيادة الكثافة النباتية

وعموما النباتات المتقاربة تقلل من انتشار الادغال الا انها تعيق عمليات مكافحة الادغال باستعمال المكائن .

المسافات العريضة بين خطوط الزراعة تسمح باستعمال المكننة للقيام بعمليات خدمة المحصول بين خطوط النباتات . زيادة الكثافة النباتية تزيد من عدد السنابل او الثمار او الرؤوس في الطبقات العليا في الخيمة النباتية مما يسهل عملية الحصاد . القطن يزرع بمسافات متقاربة فانه ينتج افرع ثمرية وجوز اكثر في الطبقات العليا للخيمة النباتية . مع كثافة عالية فان عدد داليات الرز تظهر في الطبقات العليا للخيمة النباتية اكثر مما في الطبقات السفلى .

نمط الزراعة Planting Pattern

نمط الزراعة يؤثر في حاصل المحصول من خلال تاثيره على اعتراض الضوء ونمط التجذير ونمط استنفاد ماء التربة . هناك انماط عدة تتبع لتناسب ممارسات السيطرة على الادغال والنظم المحصولية . التوزيع الفراغي للنباتات له علاقة بشكل النبات كما ان التوزيع الفراغي للمحاصيل له علاقة بشكل الفراغ المتوفر للنباتات المفردة . التوزيع الفراغي للنباتات يتبدل بتغير المسافات بين الخطوط وضمن الخط .

الزراعة المربعة Square Planting

من البديهي ان نتوقع ان الزراعة المربعة للنباتات تكون اكثر كفاءة للانتفاع من الضوء والماء والمغذيات الجاهزة للنباتات المفردة من الزراعة المستطيلة . وجد في الحنطة تقليل المسافة بين الخطوط تحت القياس 12 – 15 سم فان التقليل من الشكل المستطيل باتجاه الشكل المربع يزيد من الحاصل قليلا . في بعض المحاصيل مثل التبغ فان الفلاحة بين خطوط النباتات بكافة الاتجاهات يكون اكثر سهولة في الطريقة

المربعة وتساعد في السيطرة الكفوءة على الادغال و وجد ان الطريقة المربعة ليس ذا محاسن مع كل المحاصيل . فمثلا فستق الحقل الذي زرع بمسافة 30 سم × 10 سم اعطى حاصل قرنات اكثر وللكثافة النباتية نفسها لكن بالطريقة المربعة . و وجد ان حاصل القرنات انخفض سواء بزيادة حجم مساحة المستطيل او الاقتراب من الطريقة المربعة .

الزراعة المستطيلة Rectangular Planting

زراعة المحاصيل باستعمال الالة الباذرة تعد ممارسة قياسية المسافة العريضة بين خطوط النباتات وتقليل المسافة بين النباتات ضمن الخط تعد شائعة للمحاصيل المختلفة وهكذا تتبع الزراعة المستطيلة والطريقة المستطيلة مصممة لتسهيل عمل الات الفلاحة بين خطوط المحاصيل . في بعض الاحيان المسافة بين الخطوط يتم ضبطها والاعتناء بها والمسافات بين البذور ضمن الخط لايتم ضبطها او الاعتناء بها اذ تزرع متقاربة كانه خط متماسك (متصل) اذ تتصل البذور في الخط مع بعضها او متقاربة بما يشكل خطا مستمرا (غير منقطع) اي بذرة تلامس بذرة .

ترتيب الزراعة المتنوع Miscellaneous Planting Arrangement

تزرع بذور المحاصيل باستعمال الالة الباذرة باتجاهين لتحقيق عدد اكبر من النباتات وذلك لتقليل كثافة الادغال . المحاصيل مثل الرز والدخن الاصبعي تزرع شتلاتهما بوضع 2 – 3 بادرة في الجورة وتتم عملية الشتال اما على خطوط او عشوائيا والزراعة بين خط واخر (زراعة خط وترك خط) تعرف على انها الزراعة المتناوبة فعندما يترك خط واحد وتضبط الكثافة النباتية بتقليل المسافة بين النباتات ضمن الخط الواحد تعرف هذه الطريقة بطريقة الخط المزدوج اي زراعة النباتات

المخصصة للخط المتروك ضمن الخط المزروع اي زيادة الكثافة النباتية ضمن الخط المزروع .

الترقيع واعادة الزراعة Gap Filling and Resowing

من المعروف ان هناك فجوات تحصل في خطوط نباتات المحاصيل وتعود لاسباب عدة مثل ضعف نوعية البذور او تصلب التربة فوق البذور او وضع البذور في اعماق ضحلة مما يعرضها للجفاف او اعماق بعيدة تفشل في البزوغ ...... الخ . تنفذ عملية الترقيع لتصحيح الكثافة النباتية وتعد عملية الترقيع غير مجدية للمحاصيل ذات مدة النمو القصيرة. بادرات فستق الحقل تبزغ من التربة بعد 5 – 7 يوم من الزراعة لذا فان الترقيع يتاخر بمقدار 7 يوم عن الزراعة ، فالنباتات الناتجة عن الترقيع تتاخر اكثر من 20 يوم في النضج عن تلك التي بزغت في موعد الزراعة الاصلي ويعود ذلك الى المنافسة الشديدة التي تواجهها نباتات الترقيع من النباتات المجاورة لها ولاتساهم في الحاصل . النباتات حول الفراغات تنمو بشكل افضل اذ لم تنفذ عملية الترقيع وتعوض الفقد في الحاصل . اذا كانت الفراغات اكثر من خمسة على طول مستقيم او فقد الخط كليا فان عملية الترقيع تكون مجدية في هذه الحالة . تعد عملية الترقيع مجدية في المحاصيل ذات مدة النمو الطويلة او المزروعة بمسافات واسعة وفي اغلب الظروف البيئية فان اختزال اكثر من 50% من النباتات فاننا بحاجة الى اعادة زراعة وليس ترقيع كما ان السيطرة على الادغال في حالة اختزال اكثر من 40% من الكثافة النباتية تبدو صعبة .

الخف Thining

في احيان معينة وعندما تكون هناك مشكلة في الانبات او البزوغ للبذور المستعملة ففي هذه الحالة تستعمل معدلات بذار عالية وفي بعض المواسم الملائمة

فانها تؤدي الى زيادة كبيرة جدا بالكثافة النباتية مما يؤدي الى تكون بادرات ضعيفة نتيجة للتزاحم وحاصل قليل سنحصل عليه بسبب شدة المنافسة اذ ان نباتات كثيرة ستكون عقيمة (لا تحمل ثمار) تحت الكثافة العالية لذا ستكون هناك حاجة للخف للحصول على كثافة نباتية مثالية بازالة الكثافة الزائدة وعلى اية حال فالخف يعد عملية مكلفة وتحتاج الى وقت وغير ممكن مع محاصيل معينة .

معدل البذار Seed Rate

ان عدد النباتات المطلوبة في وحدة المساحة تقرره كمية البذور (عدد البذور) في وحدة المساحة . معدل البذار يعتمد على المسافات المتبعة و الكثافة النباتية وعلى الوزن الاختباري ونسب الانبات للبذور ومعدل البذار للمحاصيل المختلفة يعتمد على ظروف المناخ وموعد الزراعة والصنف وعوامل اخرى عدة .

الفصل التاسع

الري IRRIGATION

الماء لا غنى عنه للانسان والحيوان والنبات وهو جزء من تركيب كل الكائنات الحية بعضها يحوي على اكثر من 90% من وزن جسمها ماء . وهو ضروري جدا للبروتوبلازم ومهم لعملية التركيب الضوئي . ان 400 الى 500 لتر من الماء ضرورية ومهمة لانتاج كغم واحد من المادة الجافة للنبات . الماء كذلك يكون مطلوبا لنقل المغذيات ولتبديد الحرارة ولعمليات التحلل المائي وفعاليات الانزيمات والعلاقات المائية للخلية .

يستنفد الماء من التربة نتيجة لعملية التبخر من سطحها والنتح من النبات والرشح العميق الى داخل اعماق التربة خارج المنطقة الجذرية . الماء الجاهز للنبات يتناقص تدريجيا ويتعرض النبات بعدها للشد الرطوبي . الجذور لايمكنها النمو في تربة جافة . ان امتداد الجذور يقل نتيجة المقاومة الميكانيكية العالية للتربة الجافة .

يعرف الري بانه الاضافة الاصطناعية للماء الى التربة لتجهيز الرطوبة الضرورية لنمو النبات او لضمان الانتاج في فترات الجفاف القصير التي تتخلل سقوط الامطار او لتبريد التربة والجو لتقليل مخاطر الانجماد او لغسل او تخفيف تركيز الاملاح في التربة او لتسهيل عملية حراثة التربة ومنع تصلبها وتكون كتل كبيرة (clods) .

مصادر المياه في العالم Water Resources of The World

يتواجد الماء على سطح الارض وفي التربة بثلاث حالات سائلة وصلبة وغازية . مصادر الماء في العالم هي كما في جدول (1.9)

جدول 1.9. مصادر المياه في العالم

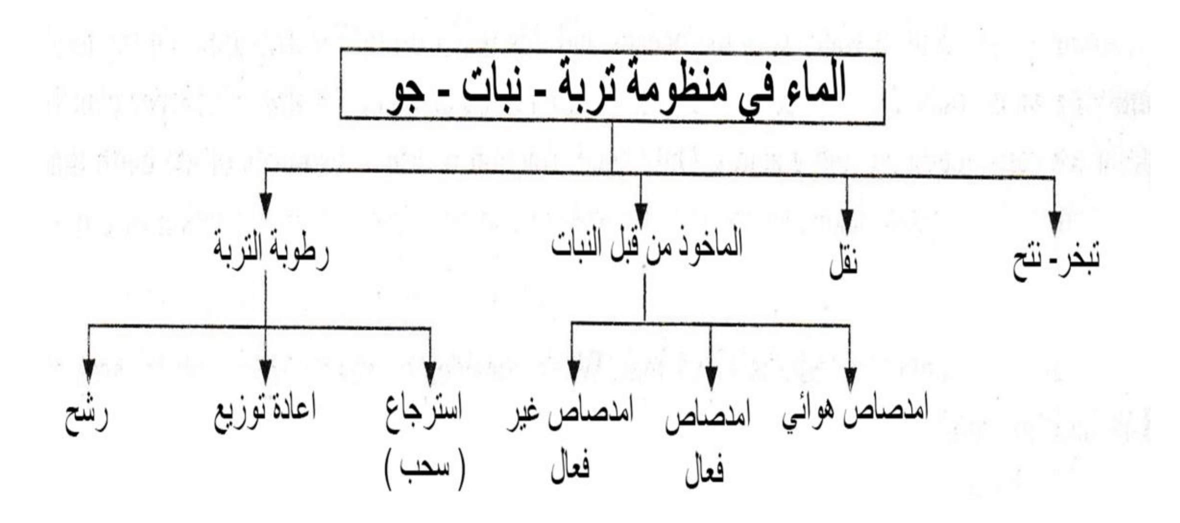
المصادر	كمية الماء (كم^3)	النسبة المئوية من الكمية الكلية
المحيطات	1.348.000.000	97.39
الجليد القطبي	27.820.000	2.0
الماء الارضي ورطوبة التربة	8.062.000	0.58
البحيرت والانهار	225.000	0.02
الماء الجوي	13.000	0.0001
المجوع الكلي	1.384.120.000	100.000

ان حوالي 97% من الماء هو في المحيطات وهو غير صالح للري ، فيما تمثل المياه العذبة فقط 2.60% (36.020.000 كم^3) منها 77.23 % هي جليد قطبي . اذ ان فقط نسبة صغيرة من المصادر المائية للارض موجودة في الماء الارضي والبحيرات والانهار والغلاف الجوي التي يمكن حصادها للري الزراعي .

الماء في منظومة التربة – نبات – الغلاف الجوي

Water in The Soil – Plant – Atmosphere System

يستنفد النبات رطوبة التربة الجاهزة وتنقل خلال النبات وتتبخر الى الغلاف الجوي وهناك مراحل عدة ينتقل فيها الماء من التربة الى النبات وخلال النبات ومن ثم الى الغلاف الجوي وكما في المخطط الاتي :-



شكل 1.9 . مخطط يوضح المراحل المختلفة لحركة الماء في منظومة تربة – نبات – غلاف جوي

حركة الماء في التربة Water Movement in The Soil

تتضمن حركة الماء في التربة ثلاثة اطوار (الرشح واعادة التوزيع والاسترجاع) حالما يضاف ماء الري او تستقبل التربة المطر فان الماء يدخل الى التربة ويتوزع تدريجيا في الطبقات المختلفة لها ويتحرك من منطقة الجهد العالي الى منطقة الجهد الواطئ . حركة الماء ربما تكون الى الجوانب او الى الاعلى او الى الاسفل اعتماد على الفرق في الجهد المائي وتكون الحركة من الجزء الدافئ الى الجزء البارد . هواء التربة غالبا مايكون مشبعا ببخار الماء ماعدا الطبقة العلوية التي هي بسمك حوالي نصف الى واحد سم او تحت ظروف الجفاف القاسية . في الطبقة الاكثر عمقا (5 – 10 سم) فان ضغط البخار بشكل عام يكون اكبر من ذلك الضغط الموجود في الغلاف الجوي وخلال النهار فان الاشعة الشمسية تمتص من قبل الطبقة السطحية للتربة التي تصبح اكثر دفئا من الغلاف الجوي الذي يكون فوقها وطبقة التربة تحتها ونتيجة لذلك فان بخار الماء يتحرك الى الاعلى باتجاه الغلاف الجوي

والى الاسفل الى الطبقة الاكثر برودة والذي يتكاثف وخلال الليل يحدث العكس فان بخار الماء يتحرك ويتكاثف قرب سطح التربة .

حركة الماء في التربة تؤثر في امداد الجذور بالماء وكذلك المساهمة في امداد الماء الارضي . تحصل حركة الماء في التربة في ثلاث طرائق وهي الجريان المشبع وغير المشبع وحركة البخار وبمعنى بسيط فان الماء في الحالة السائلة يتحرك خلال المسامات الكبيرة تحت تاثير الجاذبية وفي الطبقات المائية الرقيقة التي تحيط دقائق التربة والواقعة تحت تاثير الشد السطحي وكذلك بخار الماء الذي يتحرك خلال المسامات المملوءة بالهواء تحت تاثير الضغط البخاري .

الجريان المشبع Saturated Flow :- يحدث الجريان المشبع عندما تكون جميع المسامات ممتلئة بالماء سواء بماء الري او المطر او تحت ظروف التغدق . ان جريان الماء السائل يحصل نتيجة للتدرج في الجهد من منطقة الى اخرى وان اتجاه الجريان من الجهد العالي باتجاه الجهد الواطئ . القوة الرئيسية التي تسوق الماء في التربة المشبعة هي قوة الجاذبية وطبيعيا فان الحركة تكون باتجاه الاسفل . الحركة الجانبية تحدث بشكل رئيسي نتيجة لجهد المادة (matric potential) . سرعة الحركة تعتمد على التوصيل الهيدروليكي والذي يقاس بسهولة مع اي ماء يتحرك في التربة . ويمكن حساب تدفق الماء في التربة بحسب قانون دارسي (darcys law) وكالاتي :-

$$\mathbf{q = - K} \frac{\Delta \boldsymbol{H}}{\boldsymbol{L}}$$

اذ ان :-

q : تدفق الماء في التربة او معدل حركة الماء في التربة .

ΔH : اختلاف الضغط بين نقطتين .

L : المسافة التي يقطعها الماء في حركته بين نقطتين .

K : معامل التوصيل المائي او الايصالية المائية . وان القوة المحركة للماء في التربة تساوي $\frac{\Delta H}{L}$ التي تمثل الانحدار المائي .

لذا فان تدفق الماء في التربة المشبعة ترتب بالانحدار المائي من خلال معامل K

ان التوصيل المائي للتربة المشبعة يكون ثابت ويعتمد على حجم وشكل وهيئة وتوزيع المسامات او خصائص الوسط الناقل . فالمسامة ذات الحجم الاكبر تكون فيها سرعة الجريان المشبع اكبر لذا فان الايصالية المائية (K) تعبر عن معدل حركة الماء و وحداتها هي وحدات طول / الزمن وتاخذ اعلى قيمة لها في الترب الرملية اذ يتحرك الماء في كل المسامات اذ ان فيها نسبة المسامات الكبيرة اكبر من الصغيرة فيما تقل قيمة K مع نعومة نسجة التربة .

الجريان غير المشبع Unsaturated Flow :- بعد الري مباشرة أو سقوط الامطار فان الجريان المشبع يحدث ويدخل الماء الى طبقات التربة المختلفة ثم بعد ذلك يبدأ في التربة الجريان غير المشبع اذ ان المسامات الكبيرة لا تكون مملوءة كليا اذ يتحرك الماء في المسامات الدقيقة وان القوة الرئيسية المحركة هي جهد المادة اذ يتحرك من الجهد العالي الى الجهد الواطئ وعندما تستنفد الجذور ماء التربة فانها تحصل ثانية من الماء الذي يتحرك اليها من منطقة الجهد العالي وان سرعة التموين (الامداد بالماء) تعتمد على التوصيل المائي للتربة ويقع النبات تحت تاثير الشد المائي (Water stress) عندما تكون سرعة الامداد اقل من سرعة امتصاص الجذور . التوصيل المائي للترب ناعمة النسجة مثل الترب الطينية يكون اعلى تحت الجهد المائي الواطئ مقارنة بالترب خشنة النسجة مثل الرملية .

حركة بخار الماء Vapor Movement

عندما تصبح التربة جافة فان الماء يستنفد منها ومن المسامات الدقيقة كذلك ويبقى الماء في حالة بخار فقط . يتحرك بخار الماء من منطقة الى اخرى نتيجة تدرج الضغط البخاري اي من منطقة الضغط الاعلى الى منطقة الضغط الاقل . تؤثر درجة الحرارة في حركة بخار الماء . بخار الماء المتحرك من منطقة الحرارة العالية الى المنطقة الباردة . ان كمية الماء المجهزة من خلال حركة البخار الى النبت صغيرة جدا الا انها مهمة لبقائه تحت ظروف الشد الجفافي القاسي .

جدول 2.9. حركة الماء في التربة Water Movement in The Soil

الحالات	الجريان المشبع	الجريان غير المشبع	حركة البخار
القوة الرئيسية Major Force	جهد الجذب الارضي Gravitational	جهد الماء Matric	ضغط بخار
حالة الماء Water Form	سائل	سائل	بخار
الاتجاه الرئيسي للجريان Major direction of flow	باتجاه الاسفل	جانبي	كل الاتجاهات
Pore Space	كل المسامات ممتلئة بالماء	المسامات الدقيقة ممتلئة بالماء	كل المسامات فارغة
سرعة الجريان (سم / يوم)	سريع (1 – 100)	بطيء (0.00001 – 0.01)	-
كمية الماء المتحركة كغم / هـ في 15 سم عمق من التربة	كميات كبيرة (3.27.000)	صغيرة (1.00.000)	-

اخذ الماء Water Uptake

الماء يمتص بشكل رئيس خلال الجذور والشعيرات الجذرية . النظام الجذري ذو سطح ضخم والذي يكون فعالا في امتصاص الماء ، الجذور تمتص الماء اما بطريقة سلبية او نشطة (passively or actively) . يحدث الامتصاص السلبي عندما يكون الماء مسحوبا بوساطة الضغوط السالبة في انسجة التوصيل المتكونة بواسطة عملية النتح . عندما يكون النتح قليلا فان جذور عدد من النباتات تمتص الماء بعد صرف طاقة التي يطلق عليه الامتصاص النشط . تحت الظروف الاعتيادية للنتح فان مساهمة الامتصاص النشط تكون لا قيمة لها وهي عادة ماتكون اقل من 10% من النسبة الكلية للامتصاص . بعض النباتات قادرة على امتصاص الرطوبة من الغلاف الجوي عندما تكون التربة في نقطة الذبول الدائم وهذا مايسمى بالامتصاص الهوائي او النتح السالب . الامتصاص المباشر للماء من قبل الاوراق المبللة بماء المطر او الندى او الري بالرش يمكن ان تساعد في اعادة اشباع انسجة الورقة المنزوع منها الماء .

النقل Translocation

ان حركة الماء خلال النبات تسهل بواسطه وجود خلايا متخصصة وهي القصيبات (tracheides) او صفوف من الخلايا المتلاصقة ذات النهايات المفتوحة التي تشكل نظاما مستمرا للعروق .

القصيبات المكونة للنظام التي من خلالها يمر الماء اذ يستطيع الجريان باقل مقاومة من الجذر الى الاوراق خلال السيقان . ان الطاقة المطلوبة للنقل يتم تحقيقها رئيسيا نتيجة لقوة السحب التي تولدها عملية النتح .

تبخر – نتح Evaportranspiration

التبخر من سطح التربة او سطح الماء الحر او الغطاء الخضري وهو عملية انتشار للماء الذي يكون بهيئة بخار والذي ينتقل الى الغلاف الجوي وتكون هذه العملية بخطوتين :-

1- يتحول الماء من الحالة السائلة الى بخار .
2- ينتقل البخار من سطح التبخر الى الغلاف الجوي .

النتح هو العملية التي يخرج فيها الماء بشكل بخار من الاوراق لجسم النبات الحي ويدخل الى الغلاف الجوي وان النتح هو بالاساس عملية تبخر . النتح يشبه الى حد ما التبخر من اسطح الماء فالنتح يتحور داخل انسجة تركيب النبات وسلوك انفتاح وانغلاق الثغور التي ترتبط بالاسس الفيزيائية لعمليات التحكم بالفتح والغلق . ان مصدر الطاقة لعمليتي التبخر والنتح هو الاشعاع الشمسي . ان مفهوم التبخر – نتح (evaportranspiration) يعزى الى الماء الذي يفقد من التربة وسطح النبات . التبخر – نتح يؤلف حوالي 99% من الماء الذي ياخذه النبات .

سطح الورقة يمتص الاشعاع الشمسي ويتبادل الغازات مع الغلاف الجوي فعندما يكون محتوى البخار في الجو الذي يلامس الورقة منخفض مقارنة بالبخار الموجود في الفراغات الهوائية داخل انسجة الورقة ونتيجة لنزع الماء من خلايا الورقة نتيجة لعملية النتح فان ضغط الانتفاخ (turgor pressure) للخلايا ينخفض . ان تدرج الطاقة الناتجة هو الذي يسبب امتصاص الماء من التربة .

ماء التربة Soil Water

يعبر عن ماء التربة الذي هو كمية الماء الموجودة في وحدة وزن او حجم من التربة وحالة الطاقة الحركية للماء يعدان مهمين في العلاقات المائية للتربة اذن :-

1- كمية الماء الموجودة في وزن او حجم من التربة .

2- الطاقة الحركية التي يمتلكها ذلك الماء .

كيف نعبر عن المحتوى المائي للتربة

Expression of Water Content of Soil

ان كمية الماء في التربة يمكن ان نعبر عنها نسبة الى الوزن الجاف للتربة او حجم التربة وعلى اساس عمق الماء . ان كمية الماء على اساس الوزن الجاف يمكن التعبير عنها كنسبة الى كتلة الجزء الصلب (mass wetness) .

$$\mathbf{100 \times \frac{\text{وزن الماء(غم)}}{\text{كتلة دقائق التربة الجافة ، غم}} = \theta m}$$

كمية الماء على اساس الحجم (Volume) يعبر عنها كنسبة الى :

$$\mathbf{100 \times \frac{\text{حجم الماء(سم}^3\text{)}}{\text{حجم التربة الكلي(سم}^3\text{)}} = \theta\ V}$$

ويمكن التعبير عنها كما ياتي :-

اذ يمكن الحصول على رطوبة التربة الحجمية بضرب رطوبة التربة الوزنية × الكثافة الظاهرية للتربة (Bulk Density)

$$B.\ D. \times \theta\ m = \theta\ V$$

ان كمية الماء في التربة على اساس العمق يمكن حسابها من المعادلة الاتية :-

كمية الماء (كعمق مكافئ) = الرطوبة الحجمية $\theta\ V$ × الكثافة × عمق التربة (D)

تمرين :-عبر عن رطوبة التربة على اساس الوزن والحجم والعمق مستعملا البيانات الاتية :-

الوزن الرطب لعينة التربة (غم) = 240 غم

وزن التربة المجففة بالفرن = 200 غم

الكثافة الظاهرية للتربة = 1.4 غم / سم^3

عمق التربة المراد تقدير المحتوى الرطوبي فيها = 50 سم

الحل :-

وزن الماء في عينة التربة = 240 – 200 = 40 غم

كمية الماء على اساس الوزن = $\frac{40}{200} \times 100 = 20\%$

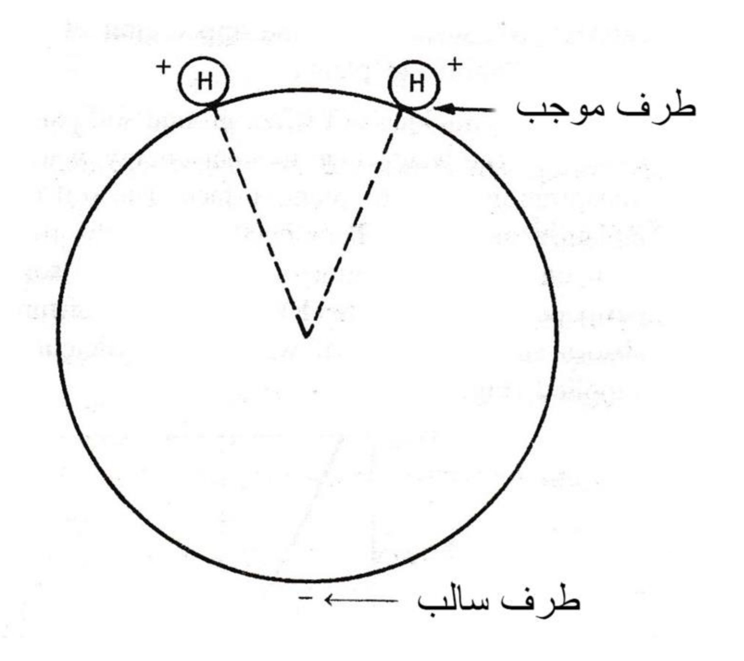
كمية الماء على اساس الحجم = $20\% \times 1.4 = 28\%$

كمية الماء على اساس العمق = $\frac{28}{100} \times 50 = 14$ سم

كمية الماء الموجودة في التربة لا تعبر بشكل صحيح عن جاهزية الماء في التربة مالم يؤخذ نوع التربة بنظر الاعتبار ، ففي نسبة رطوبة تربة 12% فان المحاصيل تنمو اعتياديا في ترب الالفيسول الا ان نسبة الرطوبة نفسها (12%) تؤدي الى ظهور علامات ذبول نباتات المحصول في ترب الفرتسول وهذا سببه حالة الطاقة الحركية للماء في الترب المختلفة . حالة الطاقة للماء في التربة تشير الى التماسك مع للماء مع الماء الذي يمكن ان تمسكه التربة وكذلك الماء الذي يكون متيسرا وبسهولة .

خصائص الماء Properties of Water

تتكون جزيئة الماء من ايوني هيدروجين وايون اوكسجين والفراغ الذي تحتله جزيئة الماء يعود بالدرجة الاساس الى ايون الاوكسجين بينما ايوني الهيدروجين لا يحتلان اي فراغ . شكل جزيئة الماء دائري وموقع ايوني الهيدروجين يكونا في الزوايا . للهيدروجين الرباعي الذي يبقى ضمن الشكل الدائري وان التكافؤ الموجب لايوني الهيدروجين يكونا متعادلين جزئيا بوساطة تكافؤ ايون الاوكسجين السالب . وهكذا فان احدى نهايتي الماء تكون موجبة والاخرى سالبة وهذا يجعل من جزيئة الماء مستقطبة كما موضح في الشكل (1.9) .



شكل 2.9. جزيئة الماء

حجر الماء Water Retention

جزيئات الماء لا يمكن ان تبقى مفردة لان الهيدروجين في جزيئة الماء يقوم بعمل رابط بين جزيئة ماء واخرى وتسمى الاصرة الهيدروجينية . يلتصق الماء مع نفسه بطاقة عظيمة وهذه الخاصية تسمى التماسك (cohesion) .

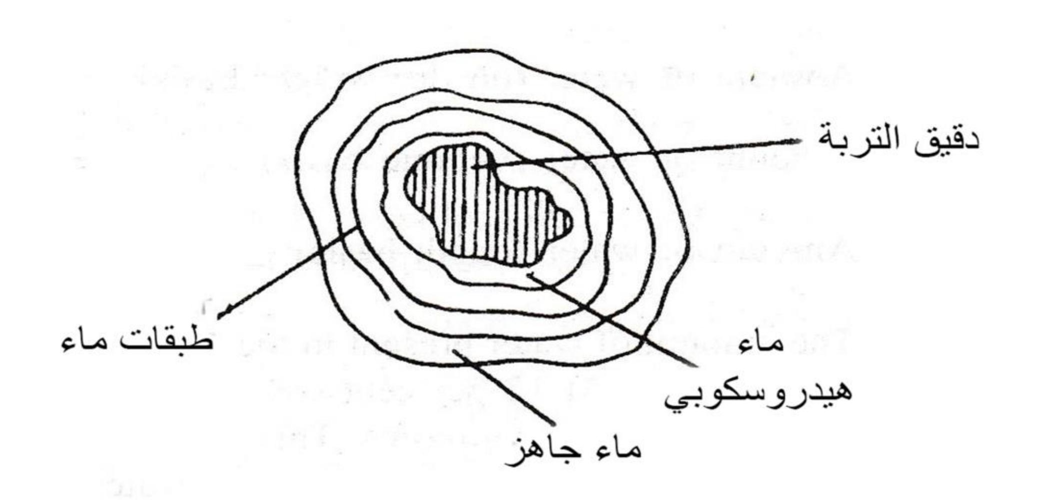
الماء يمسك نفسه على اسطح مواد عدة وهذه الخاصية تسمى التلاصق (adhesion) . الماء يحجر في التربة بوساطة التلاصق والتماسك فبوساطة التلاصق يمسك الماء بشدة في الاسطح البينية للتربة والماء . جزيئات الماء تمسك جزيئات ماء اخرى بوساطة قوى التماسك وبسبب تلك القوى فان الماء يملا المسامات الصغيرة في التربة ويكون طبقة سميكة حرة في المسامات الكبيرة .

ثابت رطوبة التربة Soil Moisture Constant

المحتوى المائي تحت ظروف قياسية معينة يعرف على انه ثابت رطوبة التربة الا انه وتحت الظروف الحقلية فان محتوى التربة من الماء غالبا ما يتغير مع الزمن وكذلك مع عمق التربة اذ ان هو ليس مستقر او ثابت . على اي حال فان مفهوم ثابت رطوبة التربة يعد قضية جوهرية ومهمة تسهل اتخاذ القرار المناسب عند ادارة عملية الري .

بعد الري او المطر فان كلا من المسامات الكبيرة والصغيرة (micro and macro pores) يتم ملئها بالماء وان محتوى التربة من الماء في الوقت الذي تكون فيه جميع المسامات قد ملئت بالماء فان هذه الحالة تسمى الاشباع (saturation) او اعلى مقدرة على مسك الماء (maximum water holding capacity) . ان طاقة الماء عند الاشباع تساوي صفرا وان محتوى التربة من الماء عند الاشباع يساوي حوالي ضعف محتواها عند السعة الحقلية وكلما ازداد سمك الماء حول دقائق التربة فان جزيئات الماء تكون بعيدة عن اسطح الدقائق لذا فان الشد عليها يقل (شكل 3.9) ويتم سحبها الى الاسفل بوساطة قوى الجذب الارضي ويتحرك الماء الى الطبقات الاعمق . في هذه الحالة فان الماء الموجود في المسامات الكبيرة ولايتحرك الى الاسفل بينما الماء الموجود في المسامات الصغيرة يبقى ضد قوى الجذب الارضي . ان رطوبة التربة التي تمسكها التربة ضد قوى الجذب الارضي

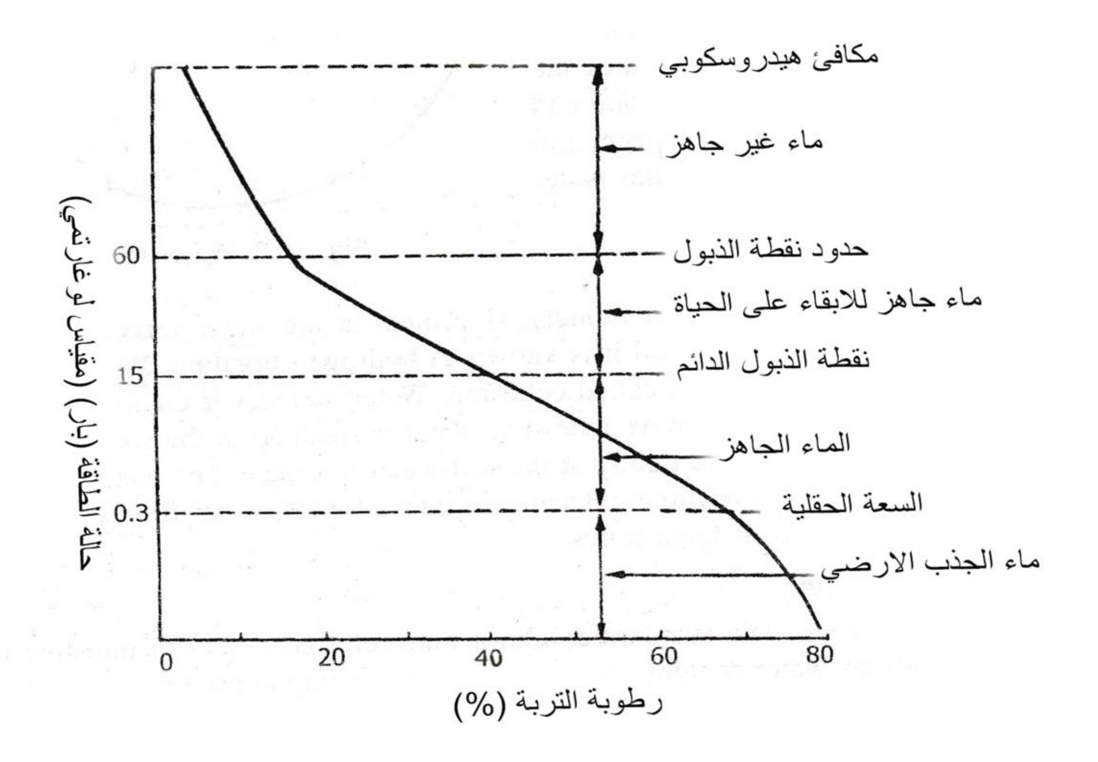
تسمى السعة الحقلية (field capacity) ويرمز لها بالرمز (Fc) وان طاقة الماء عند السعة الحقلية هي من -0.1 الى - 0.33 بار وتعد السعة الحقلية الحد الاعلى للماء الجاهز للنبات .



شكل 3.9. الماء الممسوك بوساطة دقائق التربة

وحيثما يقل سمك طبقة الماء حول دقيقة التربة فان مزيدا من الطاقة تتطلبها ازالة الماء من حول دقيقة التربة ونتيجة لطاقة الشمس فان الماء يتحرك من التربة بهيئة بخار (evaporation) ومن سطح النبات كنتح (transpiration) . التربة تجف تدريجيا وعندما تصل طاقة رطوبة التربة الى – 15 بار تسمى نقطة الذبول الدائم (permanent wilting point) ويرمز لها (PwP) وتحت هذا المستوى من الرطوبة النبات يذبل لكنة لا يموت ويستطيع امتصاص كمية صغيرة من الماء ربما تكون كافية لبقائه ويستطيع النبات اعادة تغطية وضعه في حالة توفر الماء مرة اخرى (شكل 4.9) وكلما جفت التربة اكثر فان الماء يمسك بشدة اكثر حول دقائق التربة . رطوبة التربة عند شد اعلى من 15 بار تكون غير جاهزة للنباتات فتموت النباتات نتيجة لنقص الماء . محتوى التربة من الرطوبة عندما يموت النبات تسمى نقطة الذبول القصوى (ultimate wilting point) ومزيدا من الجفاف الذي تتعرض له التربة

فان طبقة رقيقة جدا من الماء تبقى تحيط دقائق التربة وتحت هكذا ظروف فان الماء في التربة يكون اساسا بهيئة بخار . ونتيجة للطبيعة الهيدروسكوبية لدقائق التربة فان الماء يمسك بشدة جدا . المكافئ الهيدروسكوبي للماء يعرف على انه كمية الماء التي تحتويها التربة عندما تصل الى حالة التوازن مع الهواء في ضغط جوي قياسي واحد في 98% رطوبة نسبية وبدرجة حرارة الغرفة .



شكل 4.9. العلاقة بين محتوى رطوبة التربة والشد الرطوبي

ان كمية الماء التي تحتجر في التربة بين حدود السعة الحقلية ونقطة لذبول الدائم هو الماء الجاهز الذي يستعمله النبات . سعة التربة على مسك الرطوبة يتم توضيحها في الجدول (3.9)

تعد التربة الرملية الاقل في نسبة الماء الجاهز الذي تحتفظ به (8 سم/ م عمق) بينما التربة الطينية الاعلى بكمية الماء الجاهز الذي تحتفظ به (23 سم / م عمق) .

جدول 9.3. ثابت رطوبة التربة ومديات الماء الجاهز للترب المختلفة

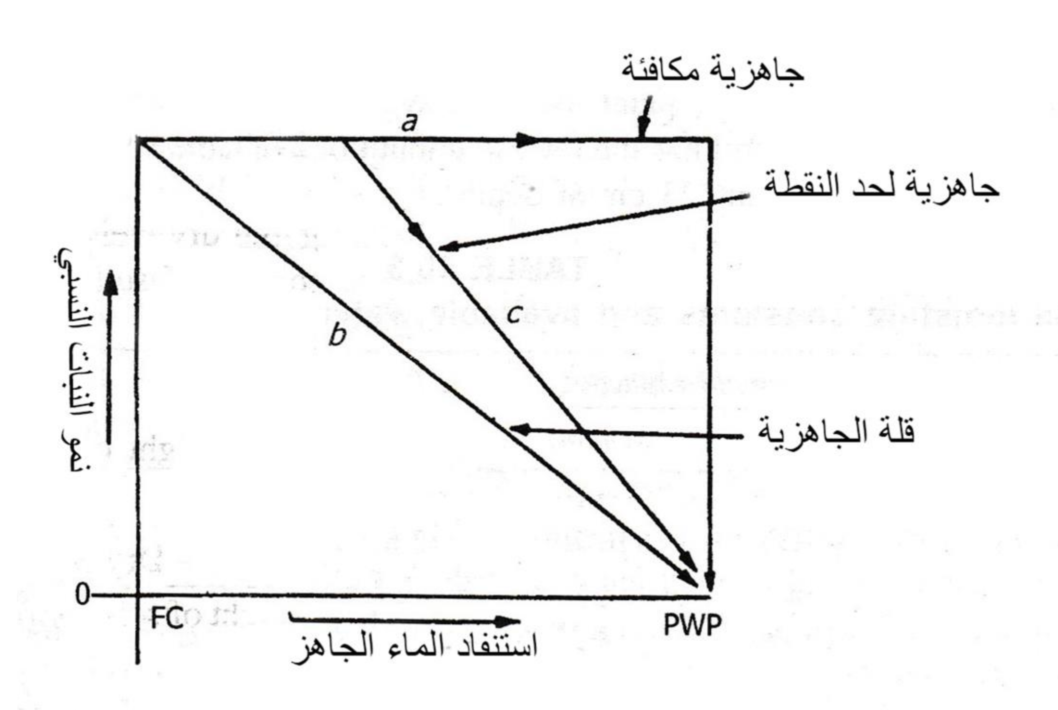
نسجة التربة	السعة الحقلية		نقطة الذبول الدائم		الرطوبة الجاهزة	
	%	سم / م	%	(سم / م)	%	(سم / م)
الرملية	9	15	4	7	5	8
	(12 – 6)	(20 – 10)	(6 – 2)	(10 – 3)	(6 – 4)	(10 – 7)
رملية مزيجية	14	21	6	9	8	12
	(18 – 10)	(27 – 14)	(8 – 4)	(12 – 6)	(10 – 6)	(15 – 9)
مزيجة	22	31	10	14	12	17
	(26 – 18)	(36 – 25)	(12 – 8)	(17 – 11)	(14 – 10)	(19 – 14)
طينية مزيجة	27	36	13	18	14	19
	(31 – 23)	43 – 30	15 – 11	21 – 14	16 – 12	22 – 17
غرينية طينية	31	40	15	20	16	21
	(35 – 27)	46 – 34	17 – 13	23 – 16	18 – 14	23 – 18
طينية	35	44	17	21	18	23
	(39 – 31)	50 – 37	19 – 15	25 – 18	20 – 16	26 – 19

الارقام الموجودة بين الاقواس تمثل المديات : ماخوذة عن Hansen , Israelsen (1962)

نظريات جاهزية الماء Theories of Water Availability

الماء الموجود في التربة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم يسمى الماء الجاهز (available water) . Veihmeyer , Hendriekson (1927 ، 1949، 1950) اكدوا ان الماء يكون جاهز للنبات مع يسر متساوي على طول مدى الجاهزية (لان الماء الجاهز ياخذ مدى) وطبقا لتلك النظرية فان النبات يعاني نتيجة للشد الرطوبي فقط عندما تستنفد رطوبة التربة الى ما تحت نقطة الذبول الدائم . Richards , Wadleigh (1952) اوضحا ان جاهزية ماء التربة للنبات تنخفض بانخفاض رطوبة التربة فالنبات يعاني من الشد الرطوبي ويحصل اختزال في معدل

نموه حتى قبل الوصول الى نقطة الذبول . وعلى اي حال فان الدلائل الحديثة تشير الى ان غالبية النباتات يمكن ان تنمو بصورة طبيعية عندما تستنفد 50 % من الماء الجاهز وقليل من النباتات ممكن ان تتحمل استنفاد 75% من الماء الجاهز وقليل من النباتات تحتاج الى الارواء عند استنفاد 25% من الماء الجاهز اي نحتاج الى تكرار الارواء بفواصل زمنية قليلة (شكل 5.9) .



شكل 5.9. نظريات جاهزية الماء

ومن الماخذ على هذه النظريات الثلاث انها اخذت العلاقات بين نمو النبات والرطوبة فقط دون ان تاخذ بنظر الاعتبار المناخ . فالنبات يذبل احيانا حتى تحت ظروف الرطوبة الكافية في التربة نتيجة لزيادة متطلبات التبخر مما يؤكد ان رطوبة التربة واستجابة النبات لا يرتبطان بعلاقة مباشرة فيما بينها . اذ ان الظروف المناخية هي المؤثر الاكبر بدلا من ظروف التربة والنبات على معدل النتح طالما كانت التربة رطبة فكلما قلت رطوبة التربة وحتى ان لم تستنفد بشكل كامل فان النتح الحقيقي يهبط

تحت النتح الكامل وهذه ربما تكون نتيجة لعدم وجود تجهيز كاف للرطوبة الى النبات او عدم مقدرة النبات على استخلاص ماء كاف لمجابهة متطلبات التبخر او كليهما وهكذا فان نمو النبات كتحصيل حاصل يعتمد على الجو و رطوبة التربة والنبات وليس على رطوبة التربة وحدها .

مفهوم الجهد Potential Concept

عندما تحفظ جزيئة الماء بوضع مفترض (وضع معين) ولم تتعرض الجزيئة لاي تاثير من اي قوة فان الجهد الحركي للجزيئة وباي اتجاه يكون صفرا وعندما تلامس جزيئة اي مادة اخرى فان قابليتها على الحركة او جهدها يقل لذا فان دقائق التربة تمسك الماء مقيدة حركته . الاملاح الموجودة في التربة كذلك تعمل على تقليل حركة الماء لذلك لماذا يكون الجهد المائي للتربة دائما اقل من صفر ويعبر عنه بقيم سالبة . ان الجهد الكلي لماء التربة هو مقدار الشغل الذي يجب ان يؤديه قيسا بكل وحده كمية من الماء النقي لكي ينتقل باتجاه معاكس وبدرجة حرارة ثابتة واي كمية متناهية بالصغر من تجمع الماء النقي بمستوى معين وتحت ضغط جوي .

ان الجهد المائي الكلي لماء التربة هو عبارة عن مجموع (جهد المادة + الجهد الاوزموزي + جهد الجذب الارضي) وان تجميع اشكال عدة غير منتظمة من دقائق التربة عندما تتراكم بعضها فوق البعض بهيئة طبقات لتشكل مادة التربة (انتظام الدقائق) وعندما يضاف الماء سيمسك في الفراغات بين تجمعات الدقائق ويذهب الى القعر وهكذا فان جهد الماء سينخفض عندما يكون موجودا في مادة جسم النبات او التربة .

جهد المادة هو جزء من الجهد المائي الكلي الذي يعزى الى المادة الصلبة للتربة او النبات وهو جهد قيمته سالبة ناتج عن قوى الشعرية والامدصاصية الصادرة عن مادة التربة . الجهد الاوزموزي هو جزء من الجهد المائي ينتج عن الذائبات الموجودة

في التربة . جهد الجذب هو الجهد الناتج عن قوى الجذب . جهد الضغط في منطقة معينة هو نتيجة مباشرة لطبقات الماء ويكون دائما موجب . على العموم يؤثر جهد الضغط وجهد الجاذبية في حالات الاشباع ، بينما يظهر جهد المادة في الظروف غير المشبعة اما تاثير الجهد الاوزموزي فيظهر بوجود الاملاح المذابة في الماء وخاصة في الظروف غير المشبعة او عند زيادة الشد الرطوبي .

قياسات رطوبة التربة Soil Moisture Measurement

رطوبة التربة يتم تقديرها اما بطريقة مباشرة او غير مباشرة . الطريقة المباشرة تتضمن تحديد كمية الماء في التربة اما الطريقة غير المباشرة فيتم خلالها تقدير كمية الماء من خلال خصائص الماء في التربة . في الطرائق المباشرة يتم تقدير الرطوبة بالطريقة الوزنية الحرارية سواء بواسطة التجفيف بالفرن او بوساطة الطريقة الحجمية .

طريقة التجفيف بالفرن Oven – Drying Method

يتم جمع عينات التربة بالرطوبة التي تحويها وتوزن وهي رطبة ويسجل الوزن الرطب بعدها يتم تجفيف العينة بفرن ذات هواء ساخن على درجة 105 م^0 الى حين ثبات الوزن بعدها يستخرج الوزن الجاف للعينة ويسجل وهكذا فان المحتوى الرطوبي لعينة التربة يتم تقديره بالمعادلة الاتية :-

$$\text{المحتوى الرطوبي (على اساس الوزن)} = \frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الجاف}} \times 100$$

تمرين :- اذا علمت ان الوزن الرطب لعينة تربة مع العلبة يساوي 210 غم و وزنها الجاف مع العلبة 180 غم و وزن العلبة فارغة يساوي 40 غم . احسب المحتوى الرطوبي لعينة التربة هذه .

الوزن الرطب لعينة التربة = وزن العينة الرطب مع العلبة – وزن العلبة فارغة

= 210 – 40 = 170 غم

الوزن الجاف لعينة التربة = وزن العينة الجاف مع العلبة – وزن العلبة فارغة

= 180 – 40 = 140 غم

$$\textbf{محتوى الرطوبة} = \frac{\text{وزن العينة رطبة} - \text{وزن العينة جافة}}{\text{وزن العينة جافة}} \times \mathbf{100}$$

$= \frac{140-170}{140} = 21.4\%$ وهذه نسبة وزنية

الطريقة الحجمية Volumetric Method

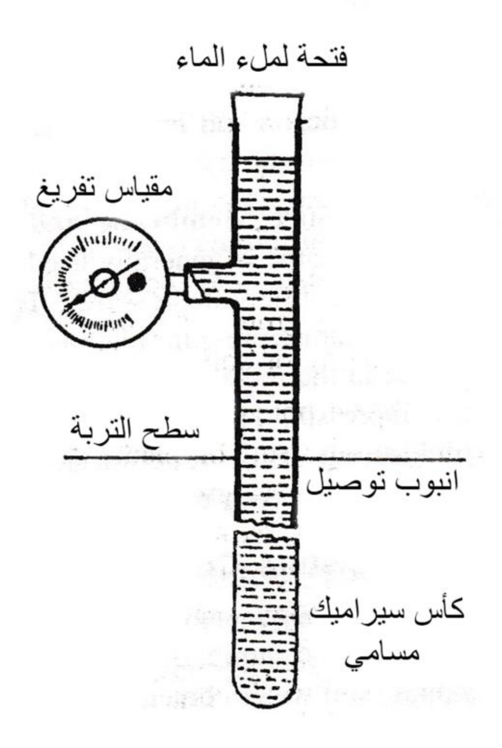
تؤخذ عينة التربة باسطوانة المعاينة او بواسطة مثقب انبوبي (tube auger) ذات حجم معلوم . ان كمية الماء الموجود في تربة العينة تقدر بتجفيفها في الفرن . المحتوى الرطوبي الحجمي كذلك يمكن تقديره من المحتوى الرطوبي الذي تم تقديره على اساس الوزن الجاف .

اكثر الوسائل استعمالا لتقدير رطوبة التربة بالطرق غير المباشرة هي جهاز قياس الشد الرطوبي (tensiometer) والقوالب الجبسية (gypsum block) وجهاز التشتت النيوتروني (neutron probe) ، وحدات اطباق الضغط واغشية الضغط . في جميع الطرائق هذه فان القراءة التي نحصل عليها من اي من الوسائل تكون بالاعتماد على المحتوى الرطوبي للتربة الذي يتم تحديده بوساطة طريقة

التجفيف بالفرن التي يتم رسمها على ورق بياني وبعدها تستعمل منحنيات المعايرة هذه لمعرفة المحتوى الرطوبي من القراءات التي تسجلها تلك الوسائل اي يتم رسم منحنى من القراءات التي نحصل عليها بالطريقة الوزنية وهذا المنحنى تنزل عليها القراءات التي تعطيها اي من الوسائل المستعملة وهي مايسمى بمعايرة الوسيلة للتاكد من صحة القراءات والقيم التي نحصل عليها .

جهاز قياس الشد Tensiometer

جهاز قياس الشد (التنشوميتر) يسمى كذلك مقياس الري ذلك لانه يستعمل في جدولة الري (شكل 6.9) . يتالف مقياس الشد من انبوبة طويلة مع كوب سيراميك مسامي في احدى نهايتي الانبوب اما النهاية الاخرى للانبوب فتكون مغلقة بسدادة من المطاط مع ساعة قياس مفرغة من الهواء التي تثبت على احدى جوانب الانبوب . طول الانبوب مختلف يتراوح بين 30 سم – 100 سم وذلك اعتمادا على عمق التربة المراد قياس رطوبتها يتم عمل حفرة في التربة الى العمق المطلوب ويوضع جهاز الشد في الحفرة وتضغط التربة برفق من كل الجوانب بحيث تلامس كوب السيراميك جيدا بعد ان يتم ملئ الانبوبة بالماء ببطئ لتجنب تكون فقاعات هوائية وتغلق السدادة . عندما تجف التربة فان الماء الموجود في الانبوب يبدأ بالخروج من مسامات الكوب السيراميكي ليدخل الى التربة ونتيجة لذلك ينزل عمود الماء الموجود من الانبوب مما يحصل تفريغ الذي يتم قياسه مع تفريغ ساعة القراءة . اعادة ملئ الانبوب يعد ضروريا بعد كل رية او سقوط امطار . جهاز الشد هذا حساس لحد 0.9 بار بالنسبة لرطوبة التربة لذا فانه مناسب للترب الرملية لان الماء الجاهز فيها يكون جهد واحد بار وهذا الجهاز لا يكون مناسبا في الشدود العالية اكثر من واحد بار لذا فهو لاينفع في دراسات الشد الرطوبي الا انه يمكن استعماله في وحدات المقارنة اي ينحصر استعماله في جدولة الري الاعتيادي (غير المتضمن شد رطوبي) .



شكل 6.9.جهاز قياس الشد الرطوبي (التنشوميتر)

قوالب المقاومة Resistance Blocks

هي قوالب مسامية مصنوعة من مواد مختلفة منها قوالب جبسية او من مادة الالياف الزجاجية (fiber glass) اومن النايلون الجبس ذات طول حوالي 5.5 سم وعرض 3.75 سم وسمك 2.0 سم . هناك قطبان مثبتان داخل القالب الجبسي ينتهي كل قطب بسلك كهربائي يرتبط كل سلك الى مقياس للمقاومة الكهربائية . المقاومة لانتقال الكهربائية بين القطبين تكون ذات علاقة غير مباشرة بمحتوى الماء الذي يتم قياسه بمقياس المقاومة. القوالب الجبسية يتم غرزها بالتربة للعمق المطلوب .

ان المحتوى الرطوبي للقوالب الجبسية يزداد حتى يتعادل مع رطوبة التربة وان قراءة المقاومة يتم تنزيلها على منحنى قياسي يوضح العلاقة بين قراءة المقاومة ونسبة الرطوبة وهكذا كلما تؤخذ قراءة المقاومة من هذه الوسيلة تستخرج نسبة الرطوبة من

المنحنى القياسي ومن الجدير بالذكر ان القوالب الجبسية لا تناسب الترب المالحة لان الملوحة تزيد من التوصيل الكهربائي .

مقياس التشتت النيتروني Neutron Moisture Meters

يمكن قياس الرطوبة بسرعة وبشكل مستمر باستعمال جهاز التشتت النيتروني دون اثارة التربة ومن محاسن هذا الجهاز الاخرى هو امكانية قياس رطوبة التربة لحجم كبير من التربة . هذا المقياس يرصد التربة بقطر حوالي 15سم حول المسبار (probe) في التربة الرطبة و 50سم في الترب الجافة . مقياس رطوبة التربة بجهاز التشتت النيوتروني يتضمن مسبار ومقياس مدى ، المسبار يحوي مصدر نيوترونات سريعة التي تختلط بالراديوم والبريليوم او اميرسيوم والبريليوم وهناك انابيب من الالمنيوم بطول 50 الى 100 سم وتوضع في الحقل في الاماكن المراد قياس رطوبة التربة فيها اذ يتم ادخال مسبار التشتت داخل انبوب الالمنيوم وللعمق المطلوب وفي هذه الحالة فان نيوترونات سريعة ستنطلق من المسبار لتصطدم بنوى ذرات الهيدروجين الموجودة في جزيئات الماء الموجودة في التربة وستقل سرعتها تبعا لذلك سيقوم المقياس بتسجيل عدد النيوترونات التي ابطأت سرعتها والتي تعبر عن نسبة جزيئات الماء . ان معرفة المحتوى الرطوبي يتم من خلال منحنى معايرة مع عدد النيوترونات المبطئة . من الماخذ على هذا الجهاز هو غلاء ثمنه ولايصلح لقياس الرطوبة في الطبقات الضحلة للتربة وكذلك يمكن ان تبطئ النيوترونات بنوى ذرات الهيدروجين من مصادر اخرى غير الماء مما يؤثر على قراءة المحتوى الرطوبي للتربة الا ان هذا الجهاز يعد من اكفأ الوسائل المستعملة .

وحدات صفائح الضغط واغشية الضغط

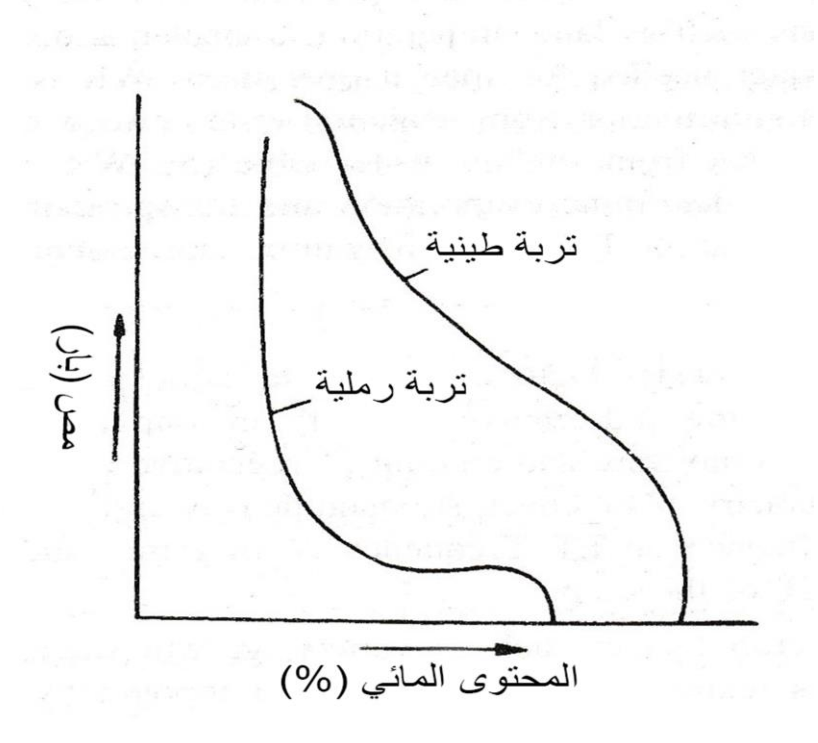
Pressure Membrane and Pressure Plate Apparatus

وحدات صفيحة الضغط واغشية الضغط تستعمل بشكل عام لقياس السعة الحقلية ونقطة الذبول ومحتوى الرطوبة تحت ضغوط مختلفة . هذه الوحدات تتضمن غرفة معدنية لهواء واقع تحت شد في المكان الذي توضع فيه صفيحة الضغط السيراميكية المسامية وفي هذه الحال فان صفيحة الضغط وعينات التربة سيتشبعان ويوضعان في الغرفة المعدنية . الضغط المطلوب ولنقل 0.33 بار او 15 بار سيتم تسليطه من خلال ضاغطة هواء وفي هذه الحالة فان الماء الموجود في التربة والذي يكون ممسوك بضغط اقل من الضغط الموجه من ضاغطة الهواء سيسيل الى الخارج ويستمر الى ان تحصل حالة توازن بالضغط وبعد ذلك فان عينات التربة تؤخذ لتجفف في فرن لتقدير محتواها الرطوبي . تستعمل هذه الوحدات في ايجاد قراءات يمكن ان تستعمل في رسم منحنى الوصف الرطوبي للتربة وتحديد نقاط تعبر عن الشد الرطوبي وعلاقتها بالمحتوى الرطوبي ويمكن ان تستعمل هذه العلاقة في دراسات الشد الرطوبي .

منحنى خصائص رطوبة التربة Soil Moisture Characteristic

ان حالة طاقة الماء وكمية الماء في التربة لهما علاقة بمنحنى خصائص رطوبة التربة ففي حالة كون طاقة الماء تقل (تزداد سالبية) فان المحتوى المائي يقل هو الاخر وبمعنى اخر كلما قل المحتوى الرطوبي للتربة فاننا نحتاج مزيدا من الطاقة لاستخلاص الرطوبة من التربة . ان العلاقة تبين السحب بالمص (بتسليط قوة خارجية) ومحتوى التربة من الماء يتم تمثيلها بيانيا بوساطة منحنى والذي يسمى منحنى خصائص رطوبة التربة شكل (7.9) .

ان شكل منحنى التربة الطينية غالبا ما يكون خط مستقيم مع انحناءة في النهاية بينما يكون بهيئة حرف (L) في الترب الرملية وبما ان الماء المسال بالمص يزداد في الترب الطينية المشبعة فان الرطوبة في التربة تخرج تدريجيا وفي الترب الرملية فان اغلب الماء يخرج حالا وباستعمال مص قليل وان اية زيادة في عملية المص فانها لاتعطي سوى كمية صغيرة في الماء .



شكل 7.9. منحنى خصائص رطوبة التربة

الهستريا Hysteresis

العلاقة لحالة المحتوى الرطوبي للتربة يمكن الحصول عليها بطريقتين :-

1- عند نزع الماء من عينة تربة مشبعة عند طريقة زيادة السحب (suction) لحين الوصول تدريجيا الى تربة جافة اومايسمى تجفيف التربة Drying

2- تشرب (امدصاص) بوساطة ترطيب التربة الجافة او مايسمى (wetting) .

ان قياس اوضاع الطاقة لمحتوى رطوبة التربة خلال هاتين العمليتين التي تحصل وترسم على ورق بياني . ان المنحنيات التي نحصل عليها خلال عملية

نزع الماء والتشرب يكون مختلفان في مسارهما لنفس عينة التربة ، فالمحتوى الرطوبي عند مص معين في حالة نزع الماء يكون اكبر في حالة التشرب وهذه الظاهرة تسمى الهستريا (hysteresis) عموما منحنى نزع الماء لرطوبة التربة يتم تحديده في المختبر .

متطلبات الماء للمحاصيل الحقلية Water Requirement of Crops

ان الاحتياج المائي للمحصول هو كمية الماء (مع عدم الاكتراث بالمصدر) التي يحتاجها لنمو اعتيادي وحاصل في مدة من الزمن في المكان الذي يتواجد فيه ويتم تجهيز تلك الكمية اما بوساطة التساقط او الري او كليهما . يحتاج النبات للري بدرجة رئيسية لمواجهة متطلبات التبخر (evaporation) ويرمز له (E) والنتح (transpiration) ويرمز له (T) فضلا عن الاحتياجات الايضية للماء داخل انسجة النبات وهذه كلها تسمى الاستعمال المائي للماء (consumptive use) ويرمز له (CU) ولو ان كمية الماء المستعملة للعمليات الايضية للنبات قليلة جدا (لا قيمة لها) قياسا للكمية التي تستعمل في عمليتي التبخر والنتح وفي احسن الاحوال لا يتجاوز نسبتها 1% من كمية الماء التي تمر عبر النبات من التربة الى الغلاف الجوي لذا فان التبخر والنتح (ET) يساويان الاستعمال المائي (CU) فضلا عن ان الاحتياجات المائية (WR) تتضمن الضائعات خلال عملية الري في الحقل (البزل العميق والنضح الجانبي والجريان السطحي والماء المطلوب للعمليات الخاصة مثل تحضير الارض ، عمليات الشتال وعمليات الغسل لذلك فان :-

WR = CU + ضائعات الاضافة + الماء الذي تحتاجه العمليات الخاصة

وهكذا فان المتطلبات المائية (WR) هو مايتطلب تجهيزه من الماء الذي يتالف من ماء الري والمطر الفعال (effective Rain) ومايساهم به الماء الارضي عندما يكون ضحلا (S) وهكذا فان :-

$$WR = IR + ER + S$$

في الحقل من الصعوبة قياس التبخر والنتح كلا على انفراد .

العوامل المؤثرة في التبخر – نتح Factors Influencing ET

يتاثر التبخر – نتح (ET) بالعوامل الجوية والتربة والنبات ومن العوامل الجوية المؤثرة هي التساقط واشعة الشمس وسرعة الرياح وتعد درجة الحرارة والرطوبة النسبية اكثر العوامل تاثيرا في التبخر – نتح اما عوامل التربة فهي عمق الماء الارضي ونسبة الرطوبة الجاهزة في التربة وكمية الغطاء الخضري . الشكل المظهري للنبات وتوزيع النباتات في الحقل والتغطية النباتية لسطح التربة وكثافة الثغور وعمق المجموع الجذري تعد اكثر عوامل النبات اهمية في تاثيرها على التبخر – نتح . تكرار الري ونوعية المياه كذلك لها تاثير على التبخر – نتح للمحصول .

التبخر – نتح وحاصل المحصول ET and Crop Yield

التبخر – نتح ونمو المحصول يرتبطان بعلاقة مباشرة في محاصيل عدة . العلاقة بين المادة الجافة للمحصول و التبخر – نتح هي علاقة خطية الا ان العلاقة بين التبخر – نتح وحاصل المحصول تعتمد على المحصول فهي خطية في الحبوبيات وتربيعية في اغلب المحاصيل البقولية ولقد لوحظت فروقات صغيرة في التبخر – نتح و درجة حرارة الغيمة النباتية بين الالواح المروية والالواح المروية ريا غير كامل (deficit irrigation) في تجربة حقلية . لقد اوضحت حصول شد قليل على النباتات في الالواح المروية ريا غير كامل . ان التركيب الضوئي اليومي التراكمي اظهر ان الري غير الكامل للالواح سبب نقصا بنسبة 52% في التركيب الضوئي العام للخيمة النباتية . ان درجة حرارة الخيمة النباتية تتراوح بين حوالي 7م^0 عند شروق الشمس لتصل الى 27 م^0 كاعلى درجة ثم تهبط لتصبح 15م^0 عند غروب الشمس .

متوسط التبخر – نتح التراكمي اليومي هو 8.41 ملم و 7.69 ملم للالواح المروية ريا كاملا والالواح المروية ريا غير كامل بالتتابع مقارنة بالتبخر – نتح المرجعي الذي يساوي 8.91 ملم وبما ان التبخر هو فقدان الماء من التربة لذا فهو لا يرتبط بشكل مباشر مع نمو النبات بينما النتح ونمو النبات او الحاصل اكثر ارتباطا . حاصل المحصول يعتمد بدرجة رئيسية على عوامل المناخ مثل الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة بينما التبخر – نتح يعتمد على الحرارة وسرعة الرياح والرطوبة النسبية . كمية الماء المطلوبة لانتاج حاصل معين يعتمد على عوامل المناخ الموجودة في المنطقة . العلاقة بين الحاصل النسبي الى التبخر – نتح النسبي يكون اكثر فائدة كون ان العلاقة تكون عمومية عبر مدى مناخي واسع . الحاصل النسبي هو جزء من الحاصل الحقيقي (actual yield) ويرمز له (Ya) الى الحاصل الاعلى (maximum yield) ويرمز له بالرمز (Ym) والتي يمكن ان يعبر عنها $\frac{Ya}{Ym}$. الحاصل النسبي يمكن التعبير عنه كنسبة هـ عن طريق ضرب الجزء في 100 او طرح الجزء من واحد أي والشيئ نفسه مع ET يمكن التعبير عنه اذ ان Eta التبخر – نتح الحقيقي و ETm التبخر – نتح الاقصى . ان الحاصل النسبي والتبخر – نتح النسبي هما جزئين مباشرين وهكذا فان العلاقة يعبر عنها :-

$$1 - \frac{ETa}{ETm} \times 1 - \frac{Ya}{Ym} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots. (1)$$

$$1 - \frac{ETa}{ETm} = K_y (1 - \frac{Ya}{Ym}) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.. (2)$$

في المعادلة (2) Ky ثابت يسمى فعامل استجابة الحاصل الذي يمكن تقديره اذا ما توفرت البيانات حول الحاصل الحقيقي والحاصل الاقصى والتبخر – نتح الحاصل الحقيقي لمنطقة معينة يمكن الحصول عليه من زراعة المحصول بينما الحاصل الاقصى يمكن الحصول عليه من بيانات المناخ ولتقدير الحاصل الاقصى لمنطقة معينة فان Kassam , Doorenbos (1979) ربما اشار لذلك .

تقدير التبخر – نتح Estimation ET

يعد المناخ العامل الاكثر اهمية الذي يقرر معدلات التبخر – نتح وهناك معادلات عالمية مستعملة الان لتقدير التبخر – نتح من البيانات المناخية . منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO) قام خبرائها باصدار توصيات حول المتطلبات المائية للمحاصيل الحقلية ولقد اوصوا بتبني اربعة طرائق لمناطق العالم المختلفة وهذه الطرائق هي (طريقة بليني وكريدل ، طريقة الاشعاع ، طريقة حوض التبخر و طريقة بنمان المعدلة) ان تقدير التبخر – نتح يتضمن ثلاث خطوات هي :-

1- تقدير التبخر – نتح الكامن (PET) او التبخر – نتح المرجعي (ET_0) بوساطة أي من الطرق الاربعة المذكوره سابقا .
2- تقدير معامل المحصول (K_c) .
3- اجراء عملية ضبط مناسب لظروف النمو المحلية .

التبخر – نتح المرجعي Reference Evapotranspiration

يعرف التبخر – نتح المرجعي على انه معدل التبخر – نتح من سطح واسع لحشيش اخضر طوله 8 – 15 سم يغطي تماما الحقل المزروع فيه ومضللا الارض و لا يعاني من أي نقص في الماء . ان اختيار الطريقة المناسبة لتقدير التبخر – نتح المرجعي (ET_0) تعتمد على البيانات المناخية المتاحة ومقدار الدقة المطلوبة ومن بين الطرائق الاربعة الانفة الذكر تعد طريقة بليني – كريدل المعدلة طريقة بسيطة وسهلة الحساب ولا نحتاج غير بيانات درجة الحرارة للمنطقة المراد حساب التبخر – نتح المرجعي فيها . اما طريقة بنمان المعدلة فهي طريقة معقدة وتتطلب بيانات حول ساعات سطوع الشمس (S S) والرطوبة النسبية (R H) فضلا عن درجة الحرارة (T) وكما في الجدول (4.9) .

جدول 9.9. البيانات المناخية المطلوبة لتقدير التبخر – نتح المرجعي (ET_0) للطرائق المختلفة

الطريقة	**درجة الحرارة**	**الرطوبة النسبية**	**سرعة الرياح**	**عدد ساعات السطوع**	**الاشعاع الشمسي**	**حوض تبخر مفتوح**	**المحيط**
بليني – كريدل	*	0	0	0	-	-	0
الاشعاع	*	0	0	*	*	-	0
حوض التبخر	-	0	0	-	-	*	*
بنمان المعدلة	*	*	*	*	*	-	0

***البيانات المقدرة (0) ، البيانات المقاسة (-) ، (*) تستعمل عندما تكون جاهزة**

ومن بين الطرائق هذه تعد طريقة بنمان المعدلة اكثر الطرائق المعول عليها وبنسبة خطأ لا يتجاوز 10% فقط بينما الخطأ المحتمل للطرائق الثلاثة الاخرى هي 15% و 20% و 25% لطرائق حوض التبخر والاشعاع وبليني كريدل بالتتابع .

طريقة بليني – كريدل المعدلة

Modified Blaney – Criddle Method

ان المعادلة الاصلية تم تطويرها بوساطة بليني – كريدل في 1950 وعدلت هذه المعادلة لزيادة الدقة في تقدير ET_0 .

$$ET_0 = C [P (0.46 T + 8)]$$

اذ ان :-

ET_0 :- التبخر المرجعي ملم / يوم

T :- متوسط درجة الحرارة اليومية (م^0) للشهر تحت الاعتبار

P :- متوسط النسبة المئوية اليومية لعدد ساعات النهار الكلية .

C :- عامل تعديل يعتمد على الرطوبة النسبية وسرعة الرياح اليومية ونسبة ساعات شروق الشمس الحقيقي الى اقصى عدد ساعات شروق محتملة (n / N) .

هذه المعادلة اساسا تمثل علاقة خطية بين درجة الحرارة و التبخر – نتح التي يعبر عنها على اساس 0.46T + 8 . ان كمية التبخر – نتح التي نحصل عليها بوساطة هذه المعادلة يتم ضبطها بالاعتماد على عدد ساعات النهار واخيرا فان الوزن النهائي يعطى على اساس الرطوبة النسبية وطول النهار وسرعة الرياح .

ولغرض تقدير التبخر – نتح المرجعي بوساطة طريقة بليني – كريدل المعدلة فان الرطوبة النسبية (معدلي الصباح والمساء) تقسم على اساس واطئة اقل من 20% ومتوسطة 20 – 50 % وعالية اكثر من 50% وعندما تكون بيانات سرعة الرياح غير متاحة يمكن تقديرها اعتباطيا من مؤشرات معينة مثل حركة الاوراق او تطاير الغبار .... الخ وتعد سرعة الرياح خفيفة اذا كانت (175 كم / يوم) عندما تبدأ الاوراق تظهر صدى الرياح ، الاغصان تتحرك والاوراق تتطاير حينما تكون سرعة الرياح متوسطة (175 الى 425 كم / يوم) ومع رياح قوية كان تكون سرعة الرياح في مدى (425 الى 700 كم / يوم) فان الاغصان الصغيرة تتحرك ويتصاعد الغبار ، تصنف الرياح على انها قوية جدا حينما تكون سرعة الرياح اكثر من (700 كم / يوم) ومع هذه السرعة فان الاشجار الصغيرة تتحرك وتشكل امواج تصطدم بالساحل .

ان نسبة $\frac{n}{N}$ تصنف على انها قليلة اذا كانت (0.6 >) ومتوسطة (0.6 – 0.8) وعالية (0.8 <) وفي طريقة بليني كريدل المعدلة فان بيانات درجة الحرارة هي الوحيدة التي تؤخذ واذا ما استعمل عامل واحد في تقدير التبخر – نتح المرجعي والذي هو في الحقيقة يعتمد على عوامل عدة لذا فان احتمالية حصول اخطاء كبيرة في هذا التقدير وهناك اجراءات مفصلة لتقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الحقلية بوساطة جميع الطرائق الاربعة تمت الاشارة اليها مع اعطاء امثلة عملية في

الاحتياجات المائية للمحصول من خلال ورقة اعدتها منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO) برقم 24 .

طريقة الاشعاع Radiation Method

يتم تقدير ET_0 بطريقة الاشعاع وذلك باستعمال المعادلة الاتية :-

$$\mathbf{ET_0 = C\ (W\ .\ R_s)}$$

اذ ان :

R_s :- متوسط الاشعاع الساقط (ملم / يوم)

W :- الحرارة وخط العرض المعتمد

C :- معامل تعديل

اذا لم تكن بيانات الاشعاع متوفرة فيمكن تقديره من العلاقة الاتية :-

$$\mathbf{R_s = (0.25 + 0.50\ n / N)\ R_a}$$

اذ ان :-

R_a :- الاشعاع الارضي الاضافي (ملم / يوم) .

n :- عدد ساعات الشروق الحقيقية .

N :- اعلى عدد ساعات شروق محتمل .

طريقة حوض التبخر Pan Evaporation

التبخر من الحوض يعطي قياس للتاثير المتكامل للاشعاع والرياح والحرارة والرطوبة على عملية التبخر من أي سطح مائي مفتوح وعلى المنوال نفسه فان النبات يستجيب لنفس المتغيرات المناخية الا ان عوامل عدة رئيسية ربما ينتج عنها اختلافات جوهرية في عملية فقد الماء . انعكاس الاشعاع من سطح الماء يكون فقط بنسبة 5 – 8 % بينما من اغلب اسطح الكساء الخضري فانه يستلم 20 – 25 % من الاشعاع الشمسي وخلال النهار فان خزن الحرارة في الحوض يمكن تقديرها وربما يكون هي السبب لاغلب التوزيع المتساوي للتبخر بين الليل والنهار . بينما اغلب المحاصيل تنتج 95% او اكثر خلال النهار من مجموع النتح اليومي الكلي .ان اجلاس الحوض على قاعدته والظروف التي تحيطه يؤثران في البيانات التي نحصل عليها خصوصا عندما يكون الحوض في مكان مزروع بالمحاصيل بدلا من حقل فارغ .

لربط علاقة تبخر الحوض مع التبخر – نتح المرجعي للمحصول (ET_0) تم اقتراح اشتقاق معامل الحوض وبصيغة معادلة والتي اخذت بنظر الاعتبار المناخ ونوع الحوض والظروف المحيطة بالحوض . ان صنف USWB يعد افضل الانواع المستعملة والمتعارف عليها في اغلب دول العالم . معامل الحوض (pan coefficient) ويرمز له (Kp) يتم ايجاده سوية مع بيانات قياس تبخر الحوض (Ep_{an}) كانعكاس لتاثير المناخ على التبخر – نتح المرجعي .

$$ET_0 = K_p \times E_{pan}$$

ان قيمة K_p للظروف المختلفة من الرطوبة النسبية والرياح ونوع الحوض والظروف الاخرى المحيطة بالحوض في الجدول (5.9) وهكذا فان طريقة تبخر الحوض تكون سهلة ويعتمد على دقتها وغير مكلفة وطريقة التوقع هذه يمكن تبينها تحت ظروف العراق . وكما ياتي نموذج لحساب ET للمحصول بوساطة طريقة حوض التبخر :- البيانات المطلوبة هي :

1- متوسط تبخر الحوض (E_{pan} ملم / يوم)

2- قيم الرطوبة النسبية (RH %) .

3- القيم المقدرة لمتوسط سريان الرياح (U كم / يوم على ارتفاع 2 م) .

4- معلومات فيما اذا كان الحوض منصوب بمنطقة مزروعة بالمحاصيل او فارغة

تمرين :- الشهر تموز معدل التبخر اليومي ، حوض التبخر صنف A 11.3 ملم / يوم ، رطوبة نسبية متوسطة المعدل ، U متوسطة المعدل :-

والحوض منصوب في منطقة مزروعة ولهكتارات عدة

$K_{pan} = 0.75$ من جدول (5.9)

$ET_0 = 0.75 \times 11.3 = 8.475$

جدول 5.9. معامل الحوض (K_p) لحوض مفتوح لاراضي مختلفة في التغطية والرطوبة النسبية وسرعة الرياح

سرعة الرياح كم / يوم	المسافة المواجهة للرياح من المحصول الاخضر (م)	متوسط الرطوبة النسبية		
		%40 >	40 – 70 %	%70 <
خفيفة (175 >)	1	0.55	0.65	0.75
	10	0.65	0.75	0.85
	100	0.70	0.80	0.85
	1000	0.75	0.85	0.85
متوسطة (175 – 425)	1	0.50	0.60	0.65
	10	0.60	0.70	0.75
	100	0.65	0.75	0.80
	1000	0.70	0.80	0.80
قوية (425 – 700)	1	0.45	0.50	0.60
	10	0.55	0.60	0.65
	100	0.60	0.65	0.70
	1000	0.65	0.70	0.75
قوية جدا (700 <)	1	0.40	0.45	0.50
	10	0.45	0.55	0.60
	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.55	0.60	0.65

طريقة بنمان المعدلة Modified Penman Method

تعد طريقة مناسبة ومضبوطة لتقدير التبخر – نتح المرجعي ومن خلالها يتم الاستفادة من اغلب المعايير المناخية المسؤولة عن عملية التبخر – نتح ومعادلة بنمان المعدلة هي كما ياتي :-

$$ET_0 = C [W. R_n + (1 – W) . f (U) (ea – ed)]$$

اذ ان :-

R_n :- صافي الاشعاع بالتبخر المكافئ معبر عنه ملم / يوم .

W :- درجة الحرارة خط العرض لها علاقة بعامل موزون لتاثير الاشعاع على ET_0 .

$f (U)$:- دالة لها علاقة بالرياح $0.27 (1 + \frac{U}{100})$

U :- سرعة الرياح (كم / يوم) مقاسة على ارتفاع 2 م .

ed – ea :- عجز ضغط البخار (ملي بار) الفرق بين ضغط البخار تحت الاشباع لمتوسط درجة حرارة الهواء وضغط البخار الحقيقي للهواء .

c :- عامل ضبط (نسبة U في النهار / نسبة U في الليل) للتعويض بالنسبة لليل والنهار لتاثيرات الطقس لاعلى رطوبة نسبية (RH) وللـ R_s .

$$R_n = 0.75 R_s – R_{ns}$$

اذ ان :-

R_s :- الاشعاع الموجي القصير القادم سواء اكان مقاس او مقدرا كما في طريقة الاشعاع .

R_{ns} :- صافي موجة الاشعاع الشمسي القصيرة المقاومة .

$$= R_a (1 – X) (0.25 + 0.50 \frac{n}{N})$$

R_a = يكون تعبيرا عن الاشعاع الارضي الاضافي في مكافئ التبخر (ملم / يوم)

$\frac{n}{N}$ = النسبة بين n الاشعاع الحقيقي لساعات السطوع الشمسي و N اعلى مدة محتملة لساعات السطوع الشمسي

X = هو معامل الانعكاس

R_{n1} = صافي موجة الاشعاع الطويلة (ملم / يوم) التي هي دالة للحرارة وضغط البخار ومدة الاشعاع الشمسي

$$= f (t) f (ed) f \frac{n}{N}$$

ea :- ضغط البخار عند الاشباع عند متوسط درجة حرارة الهواء بالمئوي (ملي بار)

ed :- متوسط ضغط البخار الحقيقي للهواء (ملي بار)

$$ed = \frac{ea \times RH_{\text{متوسط}}}{100}$$

اذ ان :- RH :- الرطوبة النسبية (%)

التبخر سواء كان في التربة او من سطح النبات يستهل نتيجة لزيادة الحرارة الناجمة عن الاشعاع الشمسي الا ان استمرارية التبخر تعتمد على مقدار العجز في ضغط البخار في الغلاف الجوي وسرعة الرياح فاذا ما اقترب الغلاف الجوي في الاشباع بالقرب من موقع التبخر فلا يحصل تبخر اضافي ما لم يتم احلال هواء غير مشبع محل الهواء المشبع وهكذا فان الاشعاع الشمسي والرطوبة النسبية وسرعة الرياح تعد مهمة في تقدير التبخر – نتح . معادلة بنمان المعدلة تتضمن فصل الاشعاع $W . R_n + (1 - W)$ وفعل حركية الهواء $f (U) (ea – ed)$. ان مصطلح

الاشعاع يقدر شدة الاشعاع لبدء عملية التبخر – نتح بينما مصطلح حركية الهواء يقيس استمرارية تلك العملية .

تمرين :- احسب التبخر – نتح المرجعي من البيانات المعطاة في ادناه لشهر تموز في احد المناطق

خط العرض = 13^0 شمالا

الارتفاع عن سطح البحر = 410 م^0

متوسط درجة حرارة الهواء = 29 م^0

سرعة الرياح (النهار) = 20 كم / ساعة

سرعة الرياح (الليل) = 10 كم

متوسط ساعات الشروق (n) = 9 ساعة

الرطوبة النسبية (RH_{max}) = 80%

الحل :-

ea عند 29 م^0 = 40.1 ملي بار من الجدول 6.9

$$ed = ea \times \frac{RH}{100} = 40.1 \times \frac{80}{100} = 32.1 = m / bar$$

$$ea - ed = 40.1 - 32.1 = 8.0 \text{ m bar}$$

$$Rn = 0.75 R_s - R_{n1}$$

$$R_s = (0.25 + 0.5 n / N) R_a$$

N = 12.8 h (من الجدول 7.9)

$n = 9\ h$

$n / N = 9 / 12.8 = 0.703$

$R_a = 15.6$ m m / day   (من جدول 8.9)

$R_s = [\ 0.25 + 0.5 \times \frac{\mathbf{9}}{\mathbf{12.8}}\ ]\ 15.6 = 9.38$ mm / day

$R_{nI} = f\ (\ T\ )\ .\ f\ (\ ed\ )\ .\ f\ (\ n / N\ )$

$f\ (\ T\ ) = 16.5$ (من جدول 9.9 لدرجة حرارة الهواء 29 م^0)

$f\ (\ ed\ ) = 0.09$ (10.9 من جدول ed 32.1 m bar)

$f\ (\ n / N\ ) = 0.73$ (11.9 من جدول n / N = 0.70 h)

$R_{nI} = 16.5 \times 0.09 \times 0.73 = 10.8$ mm / day

$R_n = 0.75\ R_s - R_{nI} = 0.75 \times 9.38 - 1.08 = 5.955$ mm / day

W for $29C^0$, 183 m altitude = 0.78 (12.9 من جدول)

$f\ (\ U\ ) = 0.27\ (\ 1 + U / 100\ )$

سرعة الرياح / يوم = $\frac{(\ 20+10\ )}{2} \times 24 = 15 \times 24 = 360$ km / day

$f\ (\ U\ ) = 0.27\ (\ 1 + \frac{U}{100}\ ) = 1.242$

U day (m / s) = $\frac{20.000 \times 12}{12 \times 60 \times 60} = 5.5$ m / s

C for R H_{max} , 80% , R_s 9.30 mm / day; U day / U night = 2.0 يمكن الحصول عليها من جدول (13.9)

$C = 1.05$ (13.9 من جدول)

$$ET_0 = c\ [\ W.\ R_n + (\ 1 - W\ )\ .\ f\ (\ U\ )\ (\ ea - ed\ )\ ]$$

$$= 1.05\ [\ 0.78 \times 5.955 + (\ 1 - 0.78\ ) \times 1.242 \times 8.0\ ]$$

$$= 1.05\ (\ 4.645 + 0.22 \times 1.242 \times 8.0\ )$$

$$= 1.05\ (\ 4.645 + 2.186\ )$$

$$= 1.05\ (\ 6.831\ )$$

$$= 7.17\ mm\ /\ day$$

جدول 6.9. ضغط البخار عند الاشباع (ea) ملي / بار (m bar) كتعبير عن درجة حرارة الهواء (T) بالمئوي

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	درجة حرارة(م^0)
12.3	11.5	10.7	10.0	9.6	8.7	8.1	7.6	7.1	6.6	6.1	(m bar) ea
21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	درجة حرارة(م^0)
24.9	23.4	22.0	20.6	19.4	18.2	17.0	16.1	15.0	14.0	13.1	(m bar) ea
32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	درجة حرارة(م^0)
47.6	44.9	42.4	40.1	37.8	35.7	33.6	31.7	29.8	28.1	26.4	(m bar) ea
			40	39	38	37	36	35	34	33	درجة حرارة(م^0)
			73.6	69.9	66.3	62.8	59.4	56.2	53.2	50.3	(m bar) ea

جدول 7.9 . المتوسط اليومي لمدة اعلى عدد ساعات شروق محتملة (N) لاشهر السنة في شمال وجنوب خط الاستواء

شمال خط الاستواء	ك2	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت1	ت2	ك1
جنوب خط الاستواء	تموز	اب	ايلول	ت1	ت2	ك1	ك2	شباط	اذار	نيسان	مايس	
0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.0	11.8
10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
50	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1

جدول 8.9. الاشعاع الارضي الاضافي (Ra) معبر عنه بمكافئ التبخر (ملم / يوم) لنصفي الكرة الشمالي والجنوبي

شمال خط الاستواء	ك2	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت1	ت2	ك1
نصف الكرة الشمالي												
50	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
40	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
30	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	13.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
نصف الكرة الجنوبي												
50	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

جدول 9.9. تاثير درجة الحرارة [f (T)] على طول موجة الاشعاع (Rn1)

درجة الحرارة (م^0)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
***F* (T)**	11.0	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2
درجة الحرارة (م^0)	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
***F* (T)**	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1	

جدول 10.9. تاثير ضغط البخار [f (ed)] على طول موجة الاشعاع (R_{nI})

ed (m bar)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
f (n / N)	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
n / N	26	28	30	32	34	38	36	40		
f (n / N)	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06		

جدول 11.9. تاثير نسبة ساعات سطوع الشمس القصوى والحقيقية [f (n / N)] على طول موجة الاشعاع (R_{nI})

n / N	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
f (n / N)	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.33	0.37	0.42	0.46	0.51	0.55
n / N	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0	
f (n / N)	0.60	0.64	0.69	0.73	0.78	0.82	0.98	0.87	0.91	1.0	

جدول 12.9. قيمة العامل الوزني (W) الذي يقيس تاثير الاشعاع على التبخر – نتح المرجعي (ET_0) تحت مختلف درجات حرارة والارتفاع عن مستوى سطح البحر

درجة الحرارة (م^0)	الارتفاع عن سطح البحر (م)					
	0	500	1000	2000	3000	4000
2	0.43	0.45	0.46	0.49	0.52	0.55
6	0.49	0.51	0.52	0.55	0.58	0.61
10	0.55	0.57	0.58	0.61	0.64	0.66
14	0.61	0.62	0.64	0.66	0.69	0.71
18	0.66	0.67	0.69	0.71	0.73	0.76
22	0.71	0.72	0.73	0.75	0.77	0.79
26	0.75	0.76	0.77	0.79	0.81	0.83
30	0.78	0.79	0.80	0.82	0.84	0.85
34	0.82	0.82	0.83	0.85	0.86	0.88
36	0.83	0.84	0.85	0.86	0.88	0.89
38	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.90
40	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90

جدول 13.9. عامل الضبط (C) في معادلة بنمان

0%9RH_{max} =				RH_{max} = 60%				RH_{max} = 30%				R_S
12	9	6	3	12	9	6	3	12	9	6	3	(m m / day) U day (m / s)
U day / U night = 4.0												
1.10	1.10	1.06	1.02	1.05	1.05	0.98	0.96	1.00	1.00	0.90	0.86	0
1.32	1.27	1.10	0.99	1.11	1.11	1.00	0.92	0.97	0.92	0.84	0.79	3
1.33	1.26	1.10	0.94	1.11	1.11	0.96	0.85	0.93	0.87	0.77	0.68	6
1.27	1.16	1.01	0.88	1.02	1.02	0.88	0.76	0.90	0.78	0.65	0.55	9
U day / U night = 3.0												
1.10	1.10	1.06	1.02	1.05	1.05	0.98	0.96	1.00	1.00	0.90	0.86	0
1.28	1.18	1.04	0.94	1.12	1.06	0.96	0.87	0.94	0.88	0.81	0.76	3
1.22	1.15	1.10	0.86	1.10	1.02	0.88	0.77	0.88	0.81	0.88	0.61	6
1.18	1.06	0.92	0.78	1.05	0.88	0.79	0.67	0.82	0.72	0.56	0.46	9
U day / U night = 2.0												
1.10	1.10	1.06	1.02	1.05	1.05	0.98	0.96	1.00	1.00	0.90	0.86	0
1.14	1.10	0.98	0.89	1.05	0.99	0.91	0.83	0.92	0.85	0.75	0.69	3
1.12	1.05	0.92	0.79	1.02	0.94	0.80	0.70	0.84	0.74	0.61	0.53	6
1.06	0.96	0.81	0.71	0.95	0.84	0.70	0.59	0.76	0.65	0.48	0.73	9
U day / U night = 1.0												
1.10	1.10	1.06	1.02	1.05	1.05	0.98	0.96	1.00	1.00	0.90	0.86	0
1.05	1.01	0.92	0.85	0.99	0.94	0.86	0.78	0.89	0.82	0.71	0.64	3
1.00	0.95	0.82	0.72	0.93	0.84	0.78	0.62	0.79	0.68	0.53	0.43	6
0.96	0.87	0.72	0.62	0.75	0.75	0.60	0.50	0.70	0.59	0.41	0.27	9

معامل المحصول Crop Coefficient

معامل المحصول هو نسبة بين التبخر – نتح للمحصول (ET_c) و التبخر – نتح الكامن (ET_0) ويعتمد على غطاء التربة و رطوبة التربة وارتفاع النبات في المراحل المبكرة . ان المحصول يغطي جزء من التربة في المراحل الاولى وتحصل التغطية الكاملة في مرحلة الازهار بعدها تبدأ شيخوخة الاوراق وتصبح التربة مغطاة جزئيا وعندما يتم ترطيب التربة فان التبخر يحدث باقصى سرعة ممكنة وعندما تبدأ التربة بالجفاف فانه تبدي مقاومة لفقد الماء ويقل تبعا لذلك معدل التبخر ، وتحت ظروف رطوبة تربة كافية فان النبات يعمل كمادة موصلة للماء . الثغور تسيطر على فقدان الماء تحت ظروف الجفاف وان سرعة التبخر في اي نبات مزروع ويغطي التربة تعتمد على المحصول . في المراحل المبكرة من حياة النبات فان المكون الرئيسي للتبخر – نتح هو التبخر بينما تحت ظروف التغطية الكاملة للتربة فان النتح هو المكون الرئيسي للتبخر – نتح . التبخر – نتح للمحصول يعتمد على ارتفاع النبات ودليل المساحة الورقية . التبخر – نتح المرجعي (ET_0) يتم تقديره عندما يكون هناك تغطية كاملة للتربة ويكون ارتفاع الحشيش من 8 الى 15 سم . التبخر – نتح المحصولي يعتمد على معامل المحصول اذ ان العلاقة بين ET_0 و ET للمحصول يعبر عنها كما ياتي :-

$$ET_C = K_C \times ET_0 \quad (\text{للمحصول})$$

اذ ان :-

ET_c للمحصول :- تعرف على انها اقصى تبخر – نتح (ET_{max})

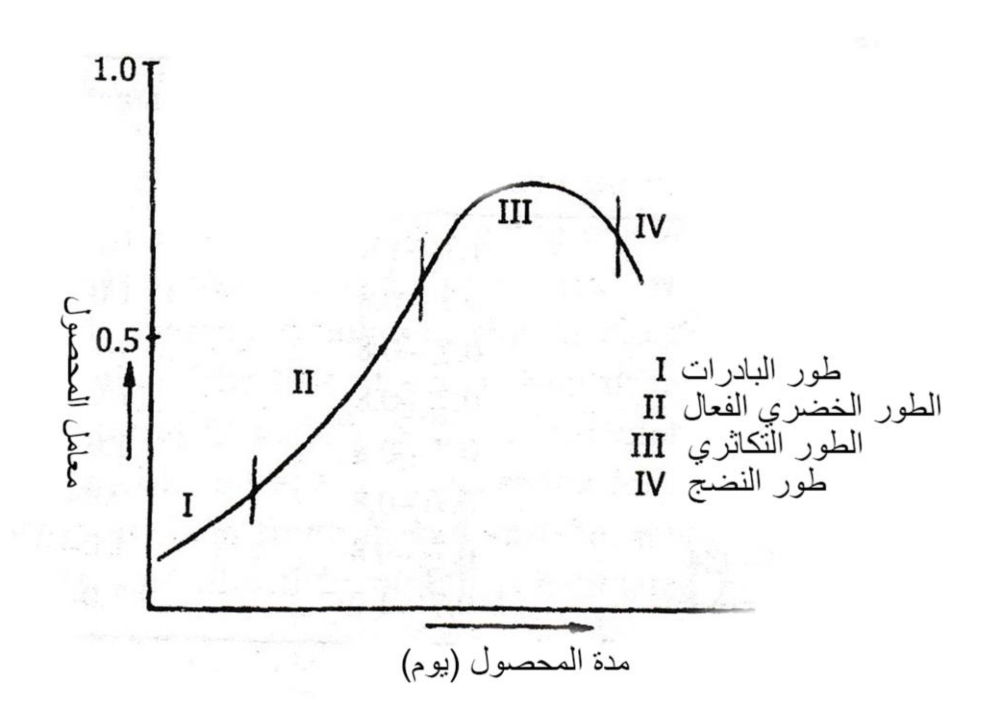
ولاجل استخراج معامل المحصول فان مدة نمو المحصول تقسم الى اربعة مراحل هي:-

1- مرحلة البادرات Seedling Stage :- وهي المدة التي تتضمن البزوغ والنمو المبكر عندما تكون التربة مغطاة باقل مايمكن من قبل المحصول .

2- مرحلة النمو الخضري النشط Active Vegetative :- من نهاية طور النشوء الى ان تحصل عملية التغطية الكلية للتربة والتي لا تقل عن 80% .

3- المرحلة التكاثرية Reproductive :- من الوصول الى التغطية الكلية الى ظهور اول علامات النضج التي يميزها فقدان لون الاوراق ، تساقط الاوراق ... الخ

4- مرحلة النضج Maturity :- من الطور التكاثري الى النضج الكامل كما في الشكل (8.9) .



شكل 8.9. معامل المحصول لمراحل النمو المختلفة للمحصول

يختلف معامل المحصول باختلاف الرطوبة النسبية وسرعة الرياح فالرياح القوية والرطوبة النسبية المنخفضة يسببان مزيدا من النتح .قيم معامل المحصول للمحاصيل المهمة اعطيت في الجدول (14.9)

جدول 14.9.معامل المحصول لمحاصيل مهمة بمراحل تطورية مختلفة

المحصول	المراحل التطورية للمحصول			
	البادرات	الخضري	التكاثري	النضج
الرز	1.1 – 1.2	1.4 – 1.1	1.1 – 1.3	0.9 – 1.0
الحنطة	0.3 – 0.4	0.8 – 0.7	1.0 – 1.2	0.6 – 0.8
الذرة الصفراء	0.3 – 0.5	0.8 – 0.7	1.0 – 1.2	0.8 – 0.9
الذرة البيضاء	0.3 – 0.4	0.8 – 0.7	1.0 – 1.1	0.7 – 0.8
القطن	0.4 – 0.5	0.8 – 0.7	1.0 – 1.2	0.8 – 0.9
فستق الحقل	0.3 – 0.4	0.8 – 0.7	0.9 – 1.1	0.7 – 0.8
زهرة الشمس	0.3 – 0.4	0.8 – 0.7	1.0 – 1.2	0.7 – 0.8
قصب السكر	0.4 – 0.5	1.0 – 0.7	1.0 – 1.3	0.7 – 0.8

القيم الواطئة هي للرطوبة النسبية المنخفضة وسرعة الرياح القليلة

وباختصار ، فان قيم K_C تختلف باختلاف المحصول ومراحل تطوره والى حد ما سرعة الرياح والرطوبة النسبية ولاغلب المحاصيل فان قيمة K_C تزداد من قيمة واطئة في مرحلة البزوغ ليصل الى اقصى قيمة له في مرحلة الازهار وتبدأ القيمة بالانخفاض عندما يتجه المحصول باتجاه النمو .

تمرين :- زرع محصول الذرة الصفراء في 15 تموز وحصد في 15 تشرين الاول واستغرقت مراحل البادرات والخضري والتكاثري والنضج 20 ، 35 ، 39 ، 28 يوم على التتابع وكان ET_0 للمراحل هذه 8.9 ، 9.4 ، 8.8 ، 7.6 ملم / يوم على التتابع وسرعة الرياح الى متوسطة والرطوبة النسبية الدنيا كانت منخفضة . احسب ET , ET_m للمحصول

الحل :- قيم K_C للمراحل المختلفة جدول (14.9)

مرحلة البادرات = 0.5

المرحلة الخضرية = 0.8

المرحلة التكاثرية = 1.2

مرحلة النضج = 0.9

ET_m او ET للمحصول = $ET_0 \times K_C$

معدل ET_m لمرحلة البادرات (يوم واحد) = 0.5 × 8.9 = 4.45 ملم / يوم

لمرحلة البادرات كلها = 4.45 × 20 يوم = 890 ملم

معدل ET_m للمرحلة الخضرية = 9.4 × 0.8 = 7.52 ملم / يوم .

للمرحلة كلها = 7.52 × 35 يوم = 263.2 ملم .

معدل ET_m للمرحلة التكاثرية = 8.8 × 1.2 = 10.56 ملم .

للمرحلة كلها = 10.56 × 39 يوم = 441.84 ملم .

معدل ET_m لمرحلة النضج = 7.6 × 0.9 = 6.84 ملم .

للمرحلة كلها = 6.84 × 28 يوم = 191.52 ملم .

ET_m = 89.0 + 263.2 + 411.84 + 191.52 = 955.56 ملم .

التبخر – نتح الحقيقي Actual Evaportanspiration

يعتمد التبخر – نتح الحقيقي على كلا من المناخ و رطوبة التربة بينما التبخر – نتح الاقصى يعتمد على عوامل المناخ فقط ذلك على اساس ان التربة مجهزة بالرطوبة بشكل كامل . التبخر – نتح الحقيقي يساوي التبخر – نتح الاقصى عندما يكون الماء جاهز للمحصول بمقدار كاف . وعلى اية حال التبخر – نتح الحقيقي اقل من التبخر – نتح الاقصى عندما تكون كمية الماء الجاهز محدودة . ET_0 هو التبخر – نتح الكامن الذي يتم قياسه من حشيش طوله 8 – 15 سم . ومن الجدير بالذكر ان التبخر – نتح في المحاصيل الطويلة مع تغطية كاملة للتربة غالبا ما يزيد عن التبخر الكامن (ET_0)

تحت ظروف الجفاف وكذلك يزيد التبخر – نتح الحقيقي عن (ET_0) للمحاصيل الحقلية خلال مرحلة التزهير وعن التبخر – نتح الكامن (ET_0) من حشيش قصير .

جدول 15.9. التبخر – نتح الحقيقي (ET_a) للمحاصيل الحقلية خلال مرحلة التزهير والتبخر نتح الكامن (ET_0) من حشيش قصير

المحاصيل	التبخر – نتح ET_a	التبخر – نتح الكامن (ET_0)
الذرة الصفراء	8.4	6.5
الطماطة	7.8	5.8
البقول	6.5	5.6

التبخر – نتح الحقيقي يتم قياسه من التجارب الحقلية من خلال قياس الفقد برطوبة التربة خلال مدة نمو المحصول . التبخر – نتح الحقيقي (ET_a) يتم قياسه بدقة ذلك باستعمال طريقة الايسوميترات . واللايسوميتر عبارة عن حاوية توضع فيها التربة مجهزة بمقياس يقيس ماتحصل عليه تلك التربة وماتفقده من الماء ذلك عن طريق الوزن خلال مدة نمو المحصول ويجب ان تكون اللايسومترات كبيرة لتجنب تاثيرات الحافات والخطوط الحارسة وتوضع في وسط الحقل وباستعمال مقاييس ذات محور ارتكاز (pivot) او توصيل كهربائي تحت ارضية البناء لتعمل على اسناد اللايسوميتر للتسجيل اذ ان تغيير الوزن بمقدار صغير كأن يكون 1كغم يمكن استبانته في اللايسوميتر الذي وزنه الكلي 50 طن . وكنتيجة فان الايسوميتر المصمم بشكل جيد يمكن ان يقيس تبخر - نتح كل ساعة حتى لو ان كميته كانت قليلة كأن تكون 0.03 ملم .

متطلبات الري Irrigation Requirement (I R)

متطلبات الري (I R) تعزى الى كمية الماء ، المطر الفعال (E R) ومساهمة مقد التربة الذي يتضمن ذلك الماء الاتي من الماء الارضي ذات الاعماق الضحلة (S) لانتاج المحصول وهذه هي كمية صافي احتياجات الري مضافا اليها الفواقد ذات القيمة الاقتصادية والتي لا يمكن تجنبها .

$$I\,R = WR - (ER + S)$$

متطلبات الري الحقلية تعتمد على حاجة افراد المحصول للماء والمساحة والفواقد الناجمة عن الاضافة بالدرجة الرئيسية التي تذهب بطريق النزيز وتعزى الى كمية الماء الموزعة ابتداء من نقطة المنفذ وصولا الى كل الحقل المطلوب اروائه .

ان المتطلبات الاروائية لاي مساحة تتضمن كمية ماء الري التي يمسكها الحقل والفواقد (النزيز ، البزل العميق ، التبخر ، المستعمل من قبل الادغال) خلال وسائل الانتقال في نظام التوزيع من المنفذ الرسمي للمساحة الى اكتمال مسك الحقل للماء . المدة بين الريات هي الوقت بين بدء الرية وبدء الرية التي تليها للحقل نفسه .

المطر الفعال Effective Rainfall

المطر الفعال هو جزء المطر الجاهز للاستعمال من قبل النبات ، جزء من المطر ربما يفقد نتيجة للجريان السطحي او البزل العميق بعيدا عن منطقة الجذور او عن طريق تبخر المطر المعترض من قبل الجزء الخضري للنبات . عندما يكون المطر ذا شدة عالية فان نسبة معينة من المطر يمكن ان تدخل الى التربة وتخزن في المنطقة الجذرية ليكون فعالا اما في حالة المطر الخفيف الشدة واعتمادا على كمية رطوبة التربة الموجودة في المنطقة الجذرية فانه ربما يكون كل المطر فعالا . حينما يكون المطر ذات شدة منخفضة وخفيف والتربة مغطاة بالكامل فان فعالية المطر تقترب من 100% وعندما لا تكون التربة مغطاة بالكامل فان التبخر من التربة الرطبة يكون جدير بالاعتبار .

من العوامل المؤثرة في فعالية المطر هي كمية وشدة المطر المتساقطة ومعدل استعمال المطر وسعة التربة على خزن الرطوبة والمحتوى الرطوبي الابتدائي للتربة ومعدل الغيض للتربة . هناك طرائق مختلفة استعملت في بلدان عدة لتقدير المطر الفعال كنسبة من المطر الكلي . وهناك صعوبة للتنبؤ بالمطر الفعال بسبب تغايرات

الترب والمحاصيل والطوبوغرافية والمناخ . ففي حالة محصول الرز مثلا فان الظروف تختلف من مكان الى اخر اعتمادا على عمق الغمر للارض وارتفاع الاكتاف حول الحقل وقدرة السيطرة على الماء لحد الان لا توجد معايير محددة لتقدير المطر الفعال يمكن الاعتماد عليها تحت جميع الظروف .

لقد اوصت وزارة الزراعة الامريكية USDA عام 1969 بطريقة يمكن استعمالها لتقدير المطر الفعال وكما ياتي :-

طريقة نسبة التبخر – نتح الى التساقط

Evaportranspiration / Precipitation Ratio Method

ان العلاقة بين معدل المطر الفعال الشهري ومتوسط المطر الشهري ولمختلف معدلات قيم التبخر – نتح الشهرية للمحصول والمعطاة في جدول (16.9) . ان سعة التربة لخزن الماء يمكن تقديرها لتساوي 75 ملم في وقت الري . الا ان عوامل تصحيح تكون موجودة في الجدول سواء اكانت اصغر او اكبر من 75 ملم في وقت الري هذه الطريقة البسيطة تم توضيحها في قاعدة الجدول (16.9) .

طريقة التبخر – نتح الكامن الى التساقط

Potential Evaportranspiration / Precipitation Ratio Method

هذه الطريقة عالمية مستعملة في بعض المشاريع في العالم اذ ان نسبة التبخر – نتح الكامن الى المطر الكلي لمجموعة ايام معينة خلال موسم النمو يتم حسابها .

التبخر – نتح الكامن يؤخذ على اساس 0.8 من بيانات حوض التبخر الامريكي صنف A . ان عدد الايام في المجموعة وضعت اساسا على نسجة التربة وسعة مسك الماء فضلا عن الظروف المناخية العامة ومعدلات التبخر – نتح المختلفة . ان اقصى عدد ايام في المجموعة هو 15 يوم خلال الجو الدافئ و 30 يوم خلال الجو البارد

للمحاصيل غير محصول الرز . ان اقل سعة مسك ماء من قبل التربة و / او اعلى معدل التبخر – نتح ، اقصر مدة في المجموعة وهذا ما يبينه الجدول (16.9) .

ان المدة التي لا تسقط فيها امطار لا تؤخذ بنظر الاعتبار . يعبر عن النسب بنسب مئوية لكل مدة . ان اقصى قيمة للنسبة لا تزيد عن 100 المتوسطات الشهرية يتم حسابها وبعدها يتم الحصول على نسبة المتوسط الكلي لموسم النمو كله . تعد المعرفة الدقيقة لخصائص التربة او الجفافية غير ضرورية ويمكن ان تكون هناك بعض منها تحت او فوق التقديرات اعتمادا على توزيع الامطار الا ان الخطأ يكون صغير . تعد هذه الطريقة جيدة للخطة الواسعة الاهداف فهي سريعة وغير مكلفة .

حسابات عينة في حالة تربة في موسم حار تم بيانها في جدول (18.10) ومن مجموع المطر الكلي لمنطقة معينة والذي يساوي 670 ملم خلال موسم النمو فان المطر الفعال هو 80% لتلك الطريقة .

وفي حالة الرز بدلا من قيمة التبخر – نتح والماء الكلي المفقود فان التبخر – نتح زائدا الفقد بالبزل العميق يستعملان للحساب . ان خصائص المحصول يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار وان تصحيحا يمكن اجراؤه لذلك النوع من الامطار غير المرغوبة او المدمرة كتلك التي تسبب اضطجاع او تساقط ازهار او ثمار . تعد هذه الطريقة جديرة بالاعتبار اذ تعطي افضل النتائج ويمكن استعمالها لتقديرات عامة و واسعة للامطار الفعالة ضمن خطة الري .

جدول 16.9. معدل المطر الفعال (ملم) كعلاقة مع معدل التبخر – نتح الشهري للمحصول والمتوسط الشهري للامطار

المتوسط الشهري للامطار (ملم)		1.25	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	137.5	150	162.5	175	187.5	200
متوسط التبخر – نتح الشهري (ملم)	25	8	16	24													
	50	8	17	25	32	39	46										
	75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
	100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
	125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
	150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
	175	11	23	32	42	52	61	69	79	86	95	103	111	118	126	134	141
	200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
	225	12	25	53	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
	250	12	25	37	50	61	72	84	92	102	112	121	132	14	150	158	167
عندما يكون الماء المخزون في التربة وقت الري (Δ S) اكبر او اصغر من 75 ملم فان عامل التصحيح الذي يستعمل يكون																	
Δ S (ملم)	20	25	37.5	50	62.5	75	100	125	150	175	200						
عامل التصحيح	0.73	0.77	0.86	0.93	0.97	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07	1.08						

ماخوذ عن خدمات صيانة التربة / وزارة الزراعة الامريكية (USDA) ، 1986

تغير رطوبة التربة Soil Moisture Change

يقاس الماء في المنطقة الجذرية باخذ عينات من التربة وتجفيفها بالفرن قبل وبعد كل سقوط للامطار . ان زيادة رطوبة التربة زائدا مايفقد بالتبخر – نتح (ET_a) من بدء سقوط الامطار وحتى اخذ العينة تكون كمية المطر الفعال وبعد الامطار الثقيلة فان التبخر – نتح يمكن اعتباره على انه التبخر – نتح الكامن خلال مدة قصيرة من انقطاع المطر حتى وقت اخذ العينة

$$E\,R = (M_2 - M_1) + K_C\,ET_0$$

اذ ان :-

ER :- المطر الفعال (ملم)

M_2 , M_1 :- المحتوى الرطوبي في عمق منطقة الجذور الفعالة قبل وبعد المطر (ملم) بالتتابع

K_C :- معامل المحصول ، ET_0 :- التبخر – نتح المرجعي (ملم)

طريقة موازنة رطوبة التربة Soil Moisture Balance Method

يعد توازن ماء التربة اليومية بما يشبه الحساب المصرفي فالامطار ومياه الري المضافة كانها تمثل الايداع واستنفاد رطوبة التربة تمثل السحب . ان اي كمية تضاف فوق السعة الحقلية فانها تعد كمية فائضة ستذهب باتجاه البزل العميق او الجريان السطحي او كليهما . وعندما تصل الموازنة الى صفر فلا يكون هناك احتمال لعملية السحب او الاسترجاع (لا استنفاد في الرطوبة) . الامطار والري يتم قياسهما مباشرة اما التبخر – نتح فيتم حسابه باستعمال احدى الطرائق المعتمدة في حساب التبخر – نتح . في الري الزراعي فان محتوى ماء التربة يجب ان لا يسمح له بالهبوط الى ما تحت قيمة معينة وان الحسابات تكون على اساس التبخر – نتح الكامن (ET_0) اما في

المناطق المطرية فان الحسابات تكون على اساس التبخر – نتح الحقيقي (ET_a) .
المطر الفعال يمكن حسابه كما موضح من البيانات الموجودة في جدول (17.9) .

ER = المطر – الماء الفائض

جدول 17.9. طريقة موازنة رطوبة التربة لتقدير المطر الفعال (ملم) لاحدى المناطق في العالم

التاريخ	الامطار	الري	ET_0	الموازنة	الماء الفائض
1990 / 8 / 1	-	-	10	100	-
1990 / 8 / 2	25	-	8	92	5
1990 / 8 / 3	-	-	12	80	-
1990 / 8 / 5	-	-	10	70	-
1990 / 8 / 6	-	-	11	59	-
1990 / 8 / 7	-	40	8	91	-
1990 / 8 / 8	60	-	6	100	45
وبنفس الطريقة نستمر لباقي مدة نمو المحصول					
1990 / 11 / 4	-	-	5	62	-
المجموع	425	120	333		150
السعة الخزنية للتربة					100 ملم

اللايسوميتر Lysimetry

اللايسومتيرات هي حاويات كبيرة تحوي على تربة التي يزرع فيها محصول ليتم فيها قياس الماء المفقود ويتم ضبط الحاوية بطريقة تناسب دخول ماء الري وخروج ماء البزل . يتم دفن اللايسوميترات في الحقل وتحاط ببعض المحاصيل التي تنمو في جوانبها وتختلف احجام اللايسوميترات من حجم صغير الى كبير وعميق واللايسوميترات منها ما يمكن وزنه ومنها لايمكن الا ان في الحالتين فان التوازن المائي يمكن قياسه حجميا وكل اسبوع او اسبوعين . اللايسوميترات القابلة للوزن

تعطي قياسات ومعلومات دقيقة حول تغيرات رطوبة التربة ولكل يوم او حتى ساعة الا انها تعد مكلفة .

جدولة الري Scheduling Irrigation

ان اي جدولة ري مثالية يجب ان تبين متى يضاف الماء ؟ وماهي كميته ؟ اي متى نروي . وكم نروي ؟ وهناك مسارات عدة تتبع لجدولة الري من قبل الباحثين والمزارعين في مناطق العالم المختلفة ولكل مسار محاسن ومساوئ ومن هذه المسارات

1- مسار استنفاد رطوبة التربة Soil Moisture Depletion Approach :-تعد الرطوبة الجاهزة في المنطقة الجذرية معيارا مهما لجدولة الري فعندما تستنفد رطوبة التربة في المنطقة الجذرية (العمق الممتد فيه النظام الجذري الفعال) الى مستوى معين (الذي يكون مختلفا باختلاف المحصول) لنعيد امداد التربة بالماء عن طريق الري ففي المحاصيل مثل الذرة الصفراء والحنطة .... الخ فان اعادة الري بعد استنفاد 25% من رطوبة التربة الجاهزة تعد كافية اما بالنسبة للمحاصيل المتحملة للجفاف مثل الذرة البيضاء والدخن اللؤلؤي والدخن الاصبعي والقطن .... الخ فان اعادة الري تكون بعد استنفاد 50% من رطوبة التربة الجاهزة كافية . ماء الري يمكن اضافته عند شد رطوبي مقدر سلفا لعمق معين اذ ان افضل استجابة للري من قبل المحصول تكون مرتبطة مع امتصاص ماء التربة وليس مع المحتوى المائي للتربة . ان هذا المسار لجدولة الري يعد مسارا معولا عليه الا انه لا يمكن التوصية به للمزارعين لان قياس رطوبة التربة او الشد الرطوبي ليس من السهولة اجراؤهما من قبل المزارعين . رطوبة التربة يمكن ان تقدر من قبل المزارعين بالاستشعار باللمس او المراقبة العينية ويتم جدولة الري وفق ذلك .

2- **الري غير الكامل Deficit Irrigation :-** الري غير الكامل هو اضافة ماء اقل من الاحتياج للري بتجفيف جزئي للجذور يتم باضافة الماء الى جانب من النبات وابقاء الجانب الاخر جافا . ان كفاءة استعمال الماء (water use efficiency) تكون عالية مع الري باتباع تقنية التجفيف الجزئي للجذور (52.7%) مقارنة مع الري غير الكامل (38.3%) ولكمية ماء الري نفسها . ان الري يعطي للجانب الاخر من النبات في الرية القادمة (الجانب الذي ترك جافا) في تقنية الري بالتجفيف الجزئي للجذور وهذه الطريقة تشابه طريقة الري المتناوب بالمروز (alternate furrow irrigation). الجهد المائي للورقة ، معدل التركيب الضوئي ، التوصيل الثغري للاوراق تكون اقل في حالة الري غير الكامل مقارنة بالري الكامل وفي هذا المسار لجدولة الري فان المدة بين الريات هي نفسها المدة في حالة الري الكامل الا ان الكمية المضافة من الماء تكون اقل لذا فان كفاءة استعمال الماء تزداد رغم اننا فقدنا جزء من الحاصل .

3- **المسار المناخي Climatological Approach :-** التبخر – نتح يعتمد بدرجة رئيسية على المناخ .كمية الماء التي تفقد بالتبخر – نتح يمكن حسابها من خلال البيانات المناخية وعندما يصل التبخر – نتح الى مستوى معين فان الري يجدول وان كمية الماء المعطاة تكون مساوية للـ ET او نسبة من ET . طرائق مختلفة في المسار المناخي وهي نسبة I W / CPE او طريقة قياس التبخر .

4- **مسار I W / CPE Approach -: I W / CPE** في هذا المسار كمية ماء الري المعروفة (I W) يتم اضافتها عندما يكون التبخر التراكمي من الحوض (CPE) قد وصل الى الحدود المقررة سلفا . كمية الماء التي تعطى في كل رية تتراوح بين 4 الى 6 سم وعلى الاغلب تكون 5 سم لكل رية . ان جدولة الري لاي نسبة من I W / CPE تكون 1.0 مع 5 سم ماء ري . تعني 5 سم ماء ري يضاف حينما يصل التبخر التراكمي من الحوض 5 سم وعموما فان جولة الري تتم على اساس 0.75 الى 0.80 نسبة من 5 سم ماء ري.

تمرين:- احسب التبخر التراكمي المطلوب لجدولة الري في 0.5 ، 0.6 ، 0.75 و 0.80 مع 5 سم ماء ري

الحل :-

التبخر التراكمي من الحوض في نسبة I W / CPE نسبة 0.5

I W / CPE = 0.5

$$\frac{5}{CPE} = 0.5$$

$$CPE \times 0.5 = 5$$

$$CPE = \frac{5}{0.5} = \frac{50}{5} = 10 \text{ cm}$$

تعطى 5 سم ماء ري حينما يصل التبخر التراكمي من الحوض 10 سم

CPE في نسبة 0.6 $\frac{5}{0.6} = 8.33$ cm

CPE في نسبة 0.75 $\frac{5}{0.75} = 6.66$ cm

CPE في نسبة 0.80 $\frac{5}{0.80} = 6.25$ cm

في مسار نسبة I W / CPE فان الري يمكن جدولته بمستوى ثابت من CPE بوساطة تغير كمية ماء الري ويمكن الاخذ بنظر الاعتبار وكما في الري غير الكامل فان المدة بين الريات هي نفسها الا ان الكمية المعطاة من المياه وتكون اقل .

تمرين :- احسب كمية الماء لكل رية لجدولة ري في نسبة 0.5 و 0.8 I W / CPE مع 10 سم من CPE .

الحل :-

كمية الماء المعطاة في I W / CPE نسبة 0.5 = $0.5 \times \frac{I\,W}{10}$

I W = 0.5 × 10 = 5 سم

كمية ماء الري في نسبة I W / CPE نسبة 0.8 = $0.8 \times \frac{I\,W}{10}$

I W = 0.8 × 10 = 8 سم

واذا ما بدلنا سواء كمية ماء الري او التبخر التراكمي للحوض فان جدولة الري يمكن تبديلها وهكذا فان التبخر يرتبط مباشرة بالـ ET للمحصول . جدولة الري تكون على اساس اهمية المحصول وعلى اية حال فان الوسائل الخاصة بقياس التبخر من الحوض وماء الري غير متيسرة لدى المزارعين .

صفيحة قياس التبخر Can Evaporimetry

صفائح صغيرة بسعة 1 لتر (ارتفاع 14.3 سم وقطر 10 سم) تستعمل لتحديد التبخر من الحقل المزروع بالمحصول وهذه الصفائح يتم طلائها باللون الابيض وتغطى بشبكة ذا حجم 20 / 6 ويثبت مؤشر استدلالي بمسافة 1.5 سم تحت الحافة وعندما يضاف ماء الري فان التربة ستصل الى السعة الحقلية فان الصفيحة تملئ بالماء الى مستوى المؤشر ويتم الاحتفاظ بها بمستوى ارتفاع المحصول . التبخر من الصفيحة له علاقة مباشرة بالتبخر – نتح المحصولي ويجدول الري عندما يهبط مستوى الماء في الصفيحة الى حدود مقررة سلفا (تساوي كمية الماء الذي سوف يضاف في كل رية) ويمكن ملئ الصفيحة مرة اخرى الى مستوى المؤشر وهكذا .

مسار تجميعي Combination Approach

Doorenbos , Kassan (1979) قاما بجمع بين مسار استنفاد رطوبة التربة والمسار المناخي لحالة ري كاف وري غير الكامل والشئ نفسه مع مسار

استنفاد رطوبة التربة . فان ماء التربة الجاهز الكلي (Sa) يعرف على انه عمق الماء بالملم لكل متر (ملم / م) بين نقطتي السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم . ان نسبة الماء الجاهز الكلي التي يمكن ان تستنفد دون ان تسبب التبخر – نتح الحقيقي (ET_a) ليصبح اقل من التبخر نتح الكامن (ET_m) الذي يعرف على انه الجزء (P) من الماء الجاهز الكلي للتربة . ان قيمة ذلك الجزء (P) تعتمد على المحصول ومقدار التبخر – نتح الكامن والتربة . بعض المحاصيل مثل الخضراوات تستمر حاجتها النسبية لرطوبة التربة لاستدامة $ET_m = ET_a$ ومحاصيل اخرى مثل القطن والذرة البيضاء يكتمهما استنفاد مزيدا من ماء التربة الاضافي قبل ان يهبط ET_a تحت ET_m لذلك فان المحاصيل يمكن تقسيمها الى مجاميع بالاعتماد على الجزء (P) الى ذلك الماء الجاهز للتربة (Sa) الذي يمكن استنفاده بينما يكون ET_a مساويا لـ ET_m (جدول 18.9) . ان قيمة P تختلف مع مدة النمو وبشكل عام فهي اكبر خلال مدة النضج ويعود ذلك الى قلة التبخر - نتح في هذه المرحلة وللظروف التي يكون E_m عاليا فان P يكون صغيرا . المحتوى الرطوبي للتربة يكون عالي نسبيا عندما يصبح ET_a اقل من ET_m وتحت ظروف ET_m عالي بالمقارنة مع ET_m يكون منخفضا وتبعا لذلك فان نسبة (P) تختلف باختلاف مستويات ET_m (جدول 19.9) .

جدول 18.9. مجاميع المحاصيل طبقا لجزء (نسبة) ماء التربة المستنفد (P)

رقم المجموعة	المحاصيل
1	البصل ، البطاطا
2	اللهانة ، البزاليا ، الطماطة
3	فستق الحقل ، زهرة الشمس ، الحنطة
4	القطن ، الذرة الصفراء ، العصفر ، الذرة البيضاء ، فول الصويا ، قصب السكر ، التبغ

ماخوذ عن :- Yield Response to water : FAO Irrigation and Drainge Paper No. 33

جدول 19.9. نسبة ماء التربة المستنفد (P) لمجاميع محاصيل مختلفة ومعدلات اقصى تبخر – نتح (ET_m)

مجموعة المحصول	ET_m (ملم / يوم)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.50	0.43	0.35	0.30	0.25	0.23	0.20	0.20	0.18
2	0.60	0.58	0.48	0.40	0.35	0.32	0.28	0.25	0.23
3	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45	0.43	0.58	0.35	0.30
4	0.88	0.80	0.70	0.60	0.55	0.50	0.43	0.43	0.40

ماخوذة عن :- FAO , Irrigation and Drainge No . 33

ولجدولة الري بمسار التجميع فان المعلومات المطلوبة هي P , Sa اللتان لهما علاقة مع خصائص التربة والـ ET_m وهذا الاخير له علاقة بالظروف المناخية . ان ماء التربة الجاهز (Sa) يضرب في عمق المنطقة الجذرية للتربة (D) للمحصول للحصول على الكمية الكلية للماء الجاهز الموجود في المنطقة الجذرية (D× Sa) وبهذه الكمية فان نسبة من ماء التربة الجاهز يحسب من خلال ضرب D × Sa و P المدة بين الريات يتم الحصول عليها من قسمة P × D × Sa على ET_m وهذا المسار يناسب في المناطق المعتدلة التي يكون فيها ET_m منخفضا .

تمرين :- ET_m للذرة الصفراء في تموز هو 10 ملم / يوم . ماء التربة الجاهز الكلي هو 140 ملم / م عمق التربة وعمق المنطقة الجذرية 0.5 م . احسب المدة بين الريات لشهر تموز .

الحل :-

نسبة P للذرة في 10 ملم ET_m (قيمة جدولية) = 0.40

ماء التربة الجاهز الكلي = 140 ملم / م

ماء التربة الجاهز الكلي في عمق المنطقة الجذرية = $Sa \times D = 140 \times 0.5 = 70$ ملم

نسبة P في 70 ملم = $70 \times 0.4 = 28$ ملم

المدة بين الريات = $\frac{P \times D \times Sa}{ET} = \frac{28}{10} = 2.8$ يوم

الري يمكن جدولته كل 3 يوم لاستدامه التبخر – نتح الحقيقي في مستوى تبخر – نتح اقصى .

مسار المرحلة الحرجة Critical Stage Approach

في اي محصول هناك بعض مراحل النمو يؤدي التعرض للاجهاد المائي فيها الى فقدان شديد في الحاصل تعرف هذه المراحل بالمراحل الحرجة (critical stages) واذا ما كان ماء الري الجاهز بكميات كافية فان جدولة الري تتم على اساس استنفاد 25% او 50% من الرطوبة الجاهزة في التربة وتحت ظروف محدودية تجهيز الماء فان جدولة الري تتم على اساس حجب الري في المراحل غير الحساسة للاجهاد المائي . في الحبوبيات ، نشوء السنابل والتزهير وامتلاء الحبة مراحل اكثر حراجة (جدول 20.9) وفي البقوليات التزهير وتطور القرنات تعد مراحل اكثر حراجة .

جدول 20.10. المراحل الحساسة للاجهاد الرطوبي للمحاصيل المهمة

المحصول	المراحل المهمة الحساسة للاجهاد الرطوبي
الرز	نشوء الداليات والتزهير
الحنطة	نشوء الجذور التاجية ، الاستطالة والطور الحليبي
الذرة البيضاء	البادرات ، التزهير
الذرة الصفراء	النورات الذكرية والحريرة
الدخن اللؤلؤي	التزهير ، نشوء الداليات
ادخن الاصبعي	نشوء الداليات والتزهير
فستق الحقل	التزهير السريع ، تكون الشماريخ والطور المبكر لتكون القرنات
الماش	التزهير وتطور القرنات
السمسم	التزهير
زهرة الشمس	اسبوعين قبل التزهير الى اسبوعين بعد التزهير
العصفر	من تكون الرؤوس الى التزهير
فول الصويا	التزهير وتكون البذور
القطن	التزهير وتكون الجذر
التبغ	من الشتل الى اكتمال الازهار
البطاطا	نشوء الدرنات الى نضج الدرنات
البصل	من تكون البصلات الى النضج
الطماطة	مرحلة عقد الثمار وتوسعها
البزاليا	التزهير وتكون القرنات
اللهانة	تكون الرؤوس حتى جاهزة للقطع
الجزر	توسع الجذور
الحمضيات	عقد الثمار ، مرحلة توسع الثمار

التقانات البسيطة لجدولة الري Simple Tchniques for Irrigation Scheduling

- **تقنية اللوح الصغير للتربة باضافة الرمل Soil – cum Sand Miniplt Technique :-** في هذه الطريقة تحفر نقرة بحجم 1 متر مكعب في وسط الحقل وان حوالي 5% من الرمل (حجما) يضاف الى تربة مطحونة ويخلط جيدا وتملا

النقرة تماما لتصبح طبيعة حالها حال الحقل . وان المحصول سيزرع بالحقل كله فضلا عن منطقة النقرة . النباتات في النقرة يظهر عليها علامات الذبول ابكر من نباتات الحقل الاخرى . الري يجدول على هذا الاساس اذ يتم الري حال ظهور علامات الذبول على نباتات النقرة .

- **زراعة معدلات بذار عالية Sowing High Seed Rate :-** في اية مساحة مستوية يتم اختبار لوح بمسافة واحدة متر مربع وتزرع فيه نباتات المحصول بمقدار اربع مرات من كمية البذار الاعتيادية المستعملة في الحقل وبسبب الكثافة العالية للنباتات في اللوح فان النباتات تبدو عليها علامات الذبول ابكر من نباتات الحقل الاخرى مما يوضح الحاجة الى اضافة ماء الري على هذا الاساس يجدول الري .
- **طريقة الاستشعار او المظهر Feel and Appearance Method :-** محتوى الرطوبة يمكن تقديره باخذ عينة تربة باليد من منطقة الجذور وتحويلها بهيئة كرة تحتاج هذه الطريقة الى خبرة لتقدير رطوبة التربة وهناك دليل تقديري يمكن استعماله وكما في الجدول (21.9)

جدول 21.9. دليل للحكم على معدل كمية الرطوبة الجاهزة في التربة (تقدير دون قياس)

معدل رطوبة التربة الجاهزة	نسجة خشنة رملية مزيجة	نسجة اقل خشونة مزيجة رملية	خشونة وسط مزيجة ومزيجة غرينية	نسجة ناعمة مزيجة ومزيجة طينية غرينية
السعة الحقلية	عند العصر باليد لا يبرز منها ماء حر على التربة الا انها تترك رطوبة واضحة باليد	العلامات نفسها لجميع انواع الترب		
75 – 100 %	تميل باتجاه الالتصاق والتماسك سوية واحيانا تكون	تكون كرات ضعيفة جدا تتكسر بسهولة ولا تكون سلسلة	تكون كرات قابلة للتجعد والثني ومرنة وبسهولة	عند العصر تخرج بسهولة من بين الاصابع وشعو بالشرائح عندما تخرج

	كرات ضعيفة جدا تحت الضغط			
50 – 75%	تبدو جافة لا تكون كرات عند ضغطها باليد	تميل لتكوين كرات تحت الضغط الا انها صلبة وتتماسك سوية	تكون كرات مرنة بعض الشيء قابلة للتجعد واحيانا تكون شرائح خفيفة عند الضغط	تكون كرات تخرج من بين الابهام والسبابة عند عصرها
25 – 50%	كما التي سبقها الا ان الكرات التي تتشكل بالعصر الا انها تكون راسخة لا تتحطم بسهولة	تبدو جافة لا تكون كرات مالم تعصر بقوة	احيانا تتفتت الا انها تتماسك بالضغط	احيانا تكون قابل للتجعد وتكون كرات تحت الضغط
25 – 5%	جافة ، مهلهلة حبيباتها متناثرة وتنساب من خلال الاصابع	جافة ، مهلهلة تنساب من خلال الاصابع	مسحوق ، جافة احيانا تكون قشرة خفيفة الا انها تتكسر بسهولة لتتحول الى مسحوق	صلبة ، تظهر تشقق واحيانا تكون فتات مهلهل على السطح

- **مقياس الشد الرطوبي Irrometer or Tensiometer :-** الري يمكن جدولته على اساس الشد الرطوبي للتربة . مقياس الشد الرطوبي (التنشوميتر) يتم نصبه على عمق معين في المنطقة الجذرية وعندما يصل الشد ارطوبي للتربة الى قيم معينة (0.5 ، 0.75 او 1.0 بار .... الخ) يتم اعطاء الرية وهذا عموما يستعمل لري البساتين وخاصة في التربة ذات النسجة الخشنة . ان مقياس الشد الرطوبي هذا لا يعطي اية معلومات عن كمية الماء الواجب اضافتها في اي رية .
- **ادلة النبات Plant Indices :-** اي صفة نباتية لها علاقة مباشرة او غير مباشرة بنقص ماء النبات وتستجيب بوضوح الى التاثير المشترك لماء التربة والنبات ومتطلبات التبخر للغلاف الجوي المحيط وهذه الادلة يمكن اتخاذها كمعايير لجدولة الري للمحصول ، فعلامات الذبول المرئية على النبات يمكن اتخاذها كمعايير لجدولة ري المحصول . المزارعون غالبا ما ياخذون التفاف الاوراق او تهدلها او التغيير في الوان الاوراق كادلة لجدولة الري .

تقنيات الخبرة لجدولة الري

Sophisticated Techniques for Irrigation Scheduling

دلائل النمو مثل سرعة استطالة الخلية ، المحتوى المائي للنبات والجهد المائي للورقة ودرجة حرارة النبات ومقاومة الورقة للانتشار .... الخ كذلك يمكن استعمالها لاتخاذ القرار المناسب لمتى نروي . الا ان جميع هذه المعايير تحتاج الى بحوث مكثفة وتجهيزات غالية الثمن وتقييس يعتمد على حسابات رياضية دقيقة .

المقياس الحراري للاشعة تحت الحمراء Infrared Thermometry

مقياس درجة حرارة الخيمة النباتية باستعمال محرار الاشعة تحت الحمراء اذ يقيس في الوقت نفسه درجة حرارة الخيمة النباتية (T_C) و درجة حرارة الهواء (T_a) ويستخرج قيم الفرق ($T_C - T_a$) .

ان قيم $T_C - T_a$ يمكن استعمالها لجدولة الري عندما يكون النتح اعتياديا ما ينجم عنه تبريد النبات ففي هذه الحالة فان درجة حرارة الخيمة النباتية تنخفض عن درجة حرارة الهواء . القيم السالبة للفروقات بين $T_C - T_a$ تشير الى ان النباتات لديها مايكفيها من الماء وحينما تكون القيم صفر او موجبة فانها تشير الى وجود اجهاد مائي لذا يجدول الري . درجة الاجهاد اليومية SDD (Stress Degree Days) تعد معيارا مفيدا لجدولة الري وباسلوب الذي يماثل درجات النمو اليومية Growing Degree Days (GDD) .

$$\mathbf{SDD = \sum (T_C - T_a)}$$

تقاس درجة حرارة الخيمة النباتية في منتصف النهار عندما تكون درجة حرارة الهواء في اعلى حد . اختزال الحاصل يكون باعلى مايمكن عندما يكون العدد الكلي لـ SDD المتراكمة يزيد عن 10 الى 15 بين الريات .

التحسس عن بعد Remote Sensing

في المناطق التي تقام عليها مشاريع كبيرة وعندما يزرع محصول واحد على مساحة شاسعة كمحصول الحنطة او الذرة الصفراء او القطن او الرز .... الخ فان جدولة الري يمكن القيام بها بمساعدة بيانات التحسس عن بعد . انعكاس الاشعاع من قبل النباتات مع وجود كمية كافية من الماء تختلف في حالة تعرض النباتات لنقص في الماء . ان هذا الاساس يمكن استعماله لجدولة الري . والطرائق الاتية يمكن ان يوصى بها للمزارعين لجدولة الري

1- طريقة تقنية اللوح الصغير للتربة باضافة الرمل .
2- زيادة الكثافة النباتية .
3- صفيحة التبخر – نتح .

قياس ماء الري Measurement of Irrigation Water

ان عملية قياس ماء الري عملية ضرورية لتخطيط حدود المساحة المراد اروائها لتجنب المياه الزائدة والفائضة عن الحاجة الفعلية لذا فان ضبط القياسات ضرورة . فاضافة مياه زائدة تؤدي الى الفقد بالبزل العميق وغسل المغذيات بينما اضافة مياه ناقصة تؤدي الى ظهور الاجهادات .

مياه الري يمكن قياسها بنظام الوحدات الحجمية او وحدات الجريان او العمق . الوحدات الحجمية الشائعة الاستعمال في قياس الماء هي اللتر والمتر المكعب اما وحدات الجريان فهي وحدات الحجم معبر عنها بوحدات الزمن مثلا (لتر / ثانية) او (متر مكعب / ثانية) (cusec) اما وحدات العمق فهي هكتار – سنتمتر او هكتار – متر .... الخ وهذه الوحدات متغيرة من واحد الى اخر . ان وحدات واحد هكتار – سنتمتر من الماء تعني ان كمية الماء المطلوبة لتوزيعها فوق هكتار

واحد هي (1000 / م^3) الى عمق واحد سنتمتر . كميات كبيرة من الماء في الانهار يعبر عنها بالـ (MTC) وهي (الف مليون قدم مكعب)

ملم واحد من الماء يضاف على 1 م^2 = 100 سم × 100 سم × 0.1 سم

= 1.000 سم^3 = لتر واحد

واحد هكتار / ملم = 10.000 لتر

واحد هكتار / سم = 1.000.000 لتر

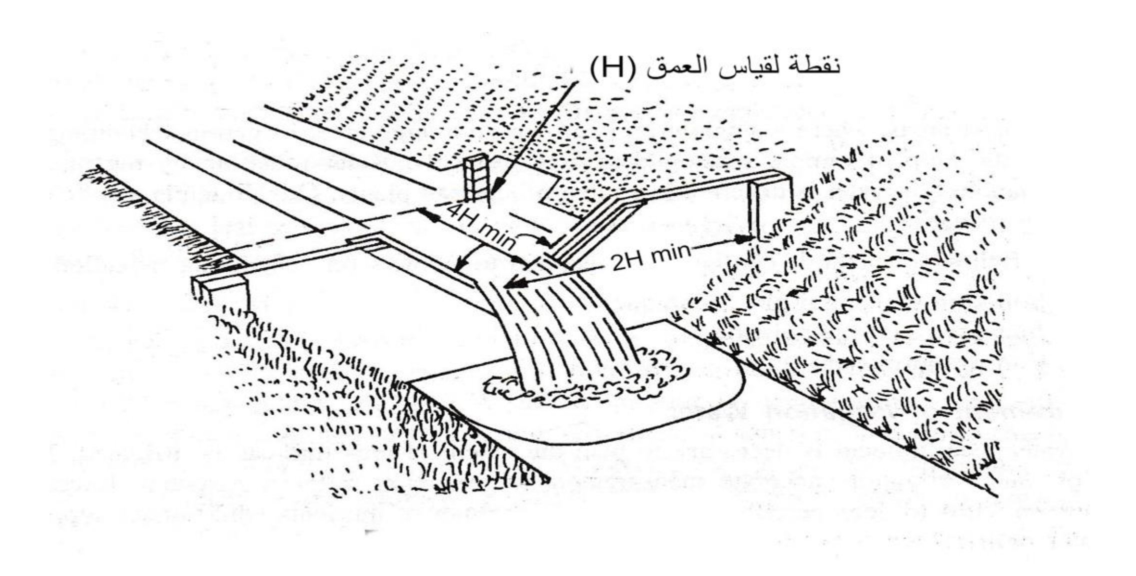
واحد متر مكعب = 1000 لتر

طرائق قياس الماء Methods of Water Measurement

استعملت طرائق عدة لقياس ماء الري الا ان الطرائق المهمة والسهلة هي التي سيتم مناقشتها في هذا الفصل . يقاس الماء الطريقة الحجمية ، طرائق الفتحة الغاطسة ومع انابيب السيفون بالنسبة للجداول الصغيرة . الجريان في الانابيب يتم قياسه بفوهات الانبوب (pipe orifice) ، عدادات المياه وطرائق التنسيق المساعدة (co – ordinate methods) ، جريان القناة يقاس بوساطة مجرى المياه الصناعي (parshal flume) الذي يكون عبارة عن فتحة مثلثة معروفة الابعاد تسمح بمرور الماء من خلالها ويمكن قياس الجريان المار من خلال هذه الفتحة في وحدة الزمن وهناك طريقة V المحزز (يحوي فروض تدريج) .

طريقة قياس الجريان الحجمية يتم تنفيذها من خلال قياس الزمن المطلوب للجريان لملئ حاوية او خزان معروف الحجم وعندما يقسم الحجم على الزمن نحصل على السرعة او معدل الجريان في وحدة الزمن .

عدادات المياه التي يتم تثبيتها على انبوبة المياه تعطي معدل الجريان باللتر / ثانية . طرائق التنسيق استعملت لقياس التصريف خلال الانابيب وهذه الطريقة اقل دقة نتيجة للصعوبة في قياس النفث (النافورة) من الانبوب ومن الطرائق التي ينصح باستعمالها في الحقل هي طريقتي المجرى الصناعي وطريقة V المحزز اذ يقاس الجريان بهاتين الطريقتين مباشرة باخذ القراءات من مقياس مدرج ومثبت بهاتين الوسيلتين كما ان معدل التصريف يتم حسابه بمساعدة معادلة او صيغة رياضية او من خلال طبلات قراءة .



شكل 9.9. يوضح 90^0 V هدار النقرة (Notch weir)

ان الهدار (90^0 V هدار النقرة) المبينة في شكل (9.9) يعد وسيلة ممتازة لقياس الجريانات الصغيرة اذ انه ذات شكل سهل التركيب والتثبت وهذا الهدار يمكن ان يثبت بطريقة معينة ولكل جانب ليشكل زاوية 45 درجة . ويحسب التصريف من خلال المعادلة الاتية :-

$$Q = 0.0138H^{25}$$

اذ ان :-

Q = التصريف (لتر / ثانية)

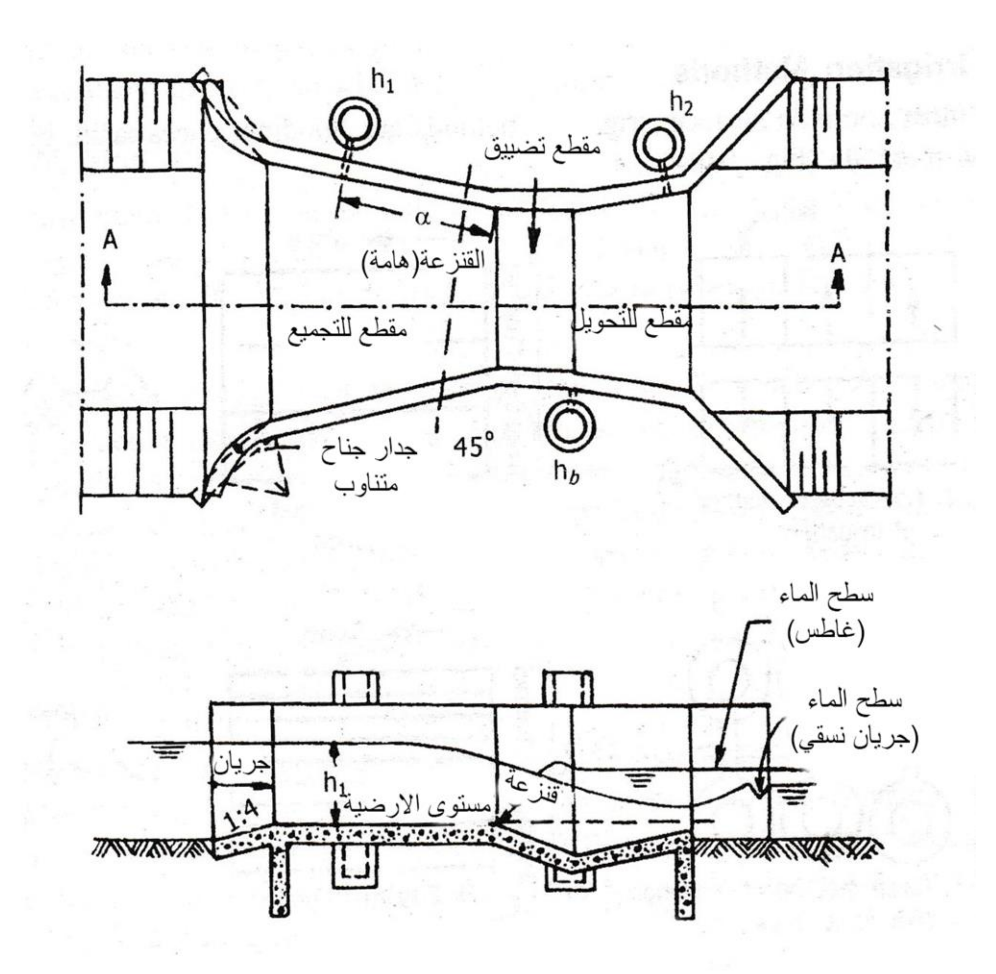
H = راس القمة (الرفع) (سم) رفع عمود الماء في الفتحة (سم)

ان معدلات التصريف لرؤوس مختلفة مبينة في الجدول (22.9) .

جدول 22.9. التصريف من خلال الهدار شكل $V\ 90^0$

الراس Head الرفع (سم)	التصريف (لتر / ثانية)	الراس (سم)	التصريف (لتر / ثانية)
5	0.8	13	8.6
6	1.2	14	10.5
7	1.8	15	12.3
8	2.5	16	14.5
9	3.4	17	16.7
10	4.5	18	19.4
11	5.7	19	22.3
12	7.1	20	25.5

المجرى الصناعي (شكل 10.9) يوضع في اية قناة مفتوحة ويكون مع فم عريض باتجاه اسفل الجدول وعندما يمر الماء خلال المجرى (flume) فان راس الماء يقاس على مقياس مدرج مثبت في المقطع الضيق . المجاري الصناعية ذات الاحجام المختلفة تكون ذا مقطع ضيق يتراوح بين 7.5 سم الى 30 سم ومعدل التصريف يتم قرائته من الجدول (23.9) بوساطة اخذ قراءات رفع الماء على مقياس مدرج لمقطع ضيق معروف الحجم .



شكل 14.10. المجرى الصناعي (هدار بارشال Parshall flume)

جدول 23.9. التصريف من مجرى صناعي ذات مجرى ضيق بعرض 7.5 سم

الراس (الرفع Head) (سم)	التصريف (لتر / ثانية)	الراس Head (الرفع) (سم)	التصريف (لتر / ثانية)
5	1.7	13	7.5
6	2.3	14	8.5
7	2.7	15	9.4
8	3.5	16	10.4
9	4.3	17	11.4
10	5.0	18	12.4
11	5.8	19	13.6
12	6.7	20	14.3

طرائق الري Methods of Irrigation

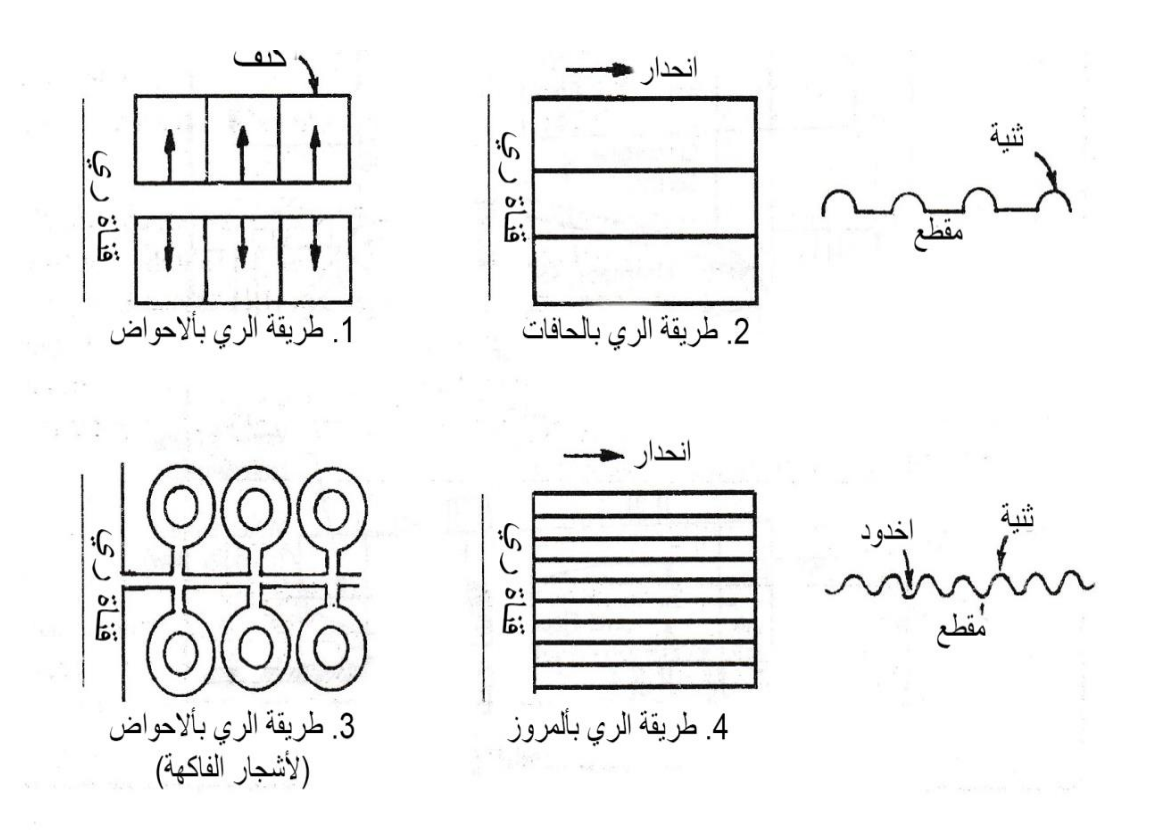
استعملت طرائق عدة مختلفة لاضافة ماء الري للمحاصيل ذلك اعتمادا على انحدار الارض وكمية الماء والمستلزمات والوسائل المتوفرة والمحصول وطرائق الزراعة و تقسم طرائق الري هذه الى ري سطحي او راسي او رش او تنقيط ومن الطرائق هذه تعد طريقة الري السطحي الاكثر شيوعا بين المزارعين ولوان وسائل الري بالرش والتنقيط بدأت تنتشر بين المزارعين الا ان طريقة الري السطحي لازالت هي الاكثر استعمالا من بين الطرائق الاخرى . تستعمل طريقة الري بالرش والتنقيط في حالات قلة المياه وعدم استواء الارض وتوفر التقانات المناسبة والخبر لاستعمالها والدعم الحكومي واهمية الانتاج بالنسبة لتكاليفه .

طرائق الري السطحي Surface Irrigation Methods

من الطرائق الشائعة للري السطحي هي طريقة الغمر والالواح والاحواض والشرائط والمروز والمساطب . شكل (11.9) .

طريقة الغمر Flooding

تعد هذه الطريقة احد الطرائق التي تستعمل حصريا لري محصول الرز في الاراضي المنخفضة ويمكن استعمالها مع محاصيل اخرى . في هذه الطريقة يسمح للماء بالدخول الى الحقل من خلال قناة ولا يسمح للحقل بالجفاف اذ يستمر وجود الماء حتى ولو لعمق قليل قبل اضافة الرية التي تليها يتم في هذه الطريقة توزيع الماء على الحقل بسهولة ولا تحتاج الى مستلزمات مكلفة .



شكل 11.9. طرائق الري السطحي

طريقة حوض التحكم Check Basin Methods

تعد هذه الطريقة اكثر طرائق الري شيوعا من بين طرائق الري السطحي فهي تناسب المحاصيل المتقاربة النباتات (الكثافة العالية) والتي تغطي الحقل تغطية تامة مثل الحنطة والدخن والشعير وفستق الحقل ومحاصيل العلف كما الجت والبرسيم .... الخ . في هذه الطريقة يتم تقسيم الحقل الى احواض صغيرة محاطة باكتاف من جميع جهات الحوض ويتم تجهيز الماء من خلال قناة مياه رئيسية يدخل الماء الى قنوات فرعية تتجهيز الماء الى الاحواض الممتدة على طول جانبيها من فتحات صغيرة يتم التحكم بها من خلال القائم بعملية الري وهكذا يتم ري الحقل . اي ري مجموعتي احواض قناة فرعية بعد اخرى ...... وهكذا يعتمد عدد الاحواض التي يتم فتح الماء لها من القناة الفرعية على كمية الماء ومعدل جريان الماء ومساحة كل حوض وعدد

الاحواض الموزعة على جانبي القناة وانحدار الارض وعدد العاملين . مساحة الحوض الواحدة تتراوح بين 3 م × 4 م الى 5 م × 6 م اعتمادا على حجم الجدول المائي ونسجة التربة وانحدار الارض .

من مزايا هذه الطريقة امكانية اضافة الماء بتجانس اذا كانت الارض مستوية كما ان الري يمكن ممارسته بكفاءة حتى في حالة التصريفات الواطئة (2 لتر / ثانية) مثلا . ومن الجدير بالذكر ان هذه الطريقة تتطلب تكاليف للقيام بعمليتي التسوية وتقسيم الحقل فضلا عن عملية الري ومن مساوئها ان فقدا كبيرا في نسبة المساحة تحصل نتيجة لزيادة عدد الاكتاف والقنوات الفرعية كما ان الزراعة المتداخلة فيها صعبة نتيجة وجود الاكتاف التي تعيق هكذا نظام زراعة .

طريقة الاحواض Basin Method

تشابه هذه الطريقة الى حد ما طريقة احواض التحكم الا ان في هذه الطريقة فان الماء لايدخل الى جميع مساحة الحقل بل يتم ايصاله الى احواض حول الاشجار والتي يتم ريها من خلال هذه الاحواض اما المسافات بين الاشجار فلا يصلها الماء لذا فان هذه الطريقة تناسب حقول بساتين الفاكهة وغالبا ماتكون احواض السقي دائرية حول الشجرة وفي احيان قليلة مربعة وتكون هذه الاحواض صغيرة الحجم طالما كانت الاشجار صغيرة العمر ويتم توسعتها وزيادة حجمها بزيادة عمر الاشجار . ان احواض الاشجار يتم ربطها باي قناة للري .

طريقة الشرائط الحافية Border Strip Method

في طريقة ري الشرائط يتم تعديل الحقل طوليا ويتم عمل شرائط ضيقة محددة باكتاف صغيرة ويتراوح طول الشريط بين 30 م الى 300 م وعرضه بين 3 م الى 15 متر . على اية حال فان اكثر الشرائط شيوعا هي التي تكون بطول 30 م الى 50

متر وعرضها بين 3 م الى 5 م وان عملية وضع الشرائط واتجاهها تعتمد على انحدار الارض .

يتم توزيع الماء بهذه الطريقة من خلال ساقية تغذي عدد كبير من الشرائط الممتدة على جانبيها اذ يتم ادخال الماء الى الشرائط من فتحات من القناة الموزعة ولعدد كبير من الشرائط في ان واحد . تناسب هذه الطريقة المحاصيل ذات النمو المغلق (التي تغطي الارض تغطية تامة) كالحنطة والشعير ومحاصيل العلف ..... الخ . ويمكن استعمالها في الترب المتوسطة الى ثقيلة النسجة ولا تناسب هذه الطريقة الترب الرملية . ان مساحة الشريط الواحد لها علاقة بحجم ساقية الماء واستواء الارض ففي حالة وجود جدول ذات احجام كبيرة والترب الثقيلة فان الشرائط تكون ذات مساحة كبيرة . تحتاج هذه الطريقة بعض التكاليف المتعلقة بتسوية دقيقة للارض وعمل الاكتاف وايصال مياه الري احيانا باستعمال انابيب او مضخات اضافية . هذه الطريقة تسمح بممارسة الزراعة المتداخلة ذلك لطول الشريط ويمكن استعمال السواقي الكبيرة بكفاءة . ومما يذكر ان توزيع الماء في هذه الطريقة لا يكون متجانسا لان بداية الشريط ستستهلك كميات مياه اكثر مقارنة بنهاية الشريط لان بداية الشريط ستبقى تستلم مياه طالما لم تنتهي عملية ري الشريط باكمله كما ان الطريقة ربما يحصل فيها انجراف الاسمدة والبذور فضلا عن حصول تعرية مائية وخاصة في الاجزاء الاولى من الشريط . وعلى العموم فان هذه الطريقة ذات كفاءة جيدة في حالة الموازنة بين التصريف المعطى ومعدل غيض الماء في التربة (اعتمادا على نسجة التربة) ومساحة اللوح (الطول × العرض) والانحدار لان هذه العوامل تحدد معدل تقدم الماء الى نهاية مضمار الري .

ري المروز Furrow Irrigation

تمارس طريقة الري بالمروز مع المحاصيل التي تزرع على ثنيات (ridges) ومروز (furrows) فهي تناسب ري محاصيل الذرة الصفراء والبطاطا وفول الصويا والقطن والطماطة والتبغ .... الخ . ان حجم وطول المرز يعتمد على المحصول المزروع والمسافات المستعملة في الزراعة . في هذه الطريقة يسمح للماء بالدخول الى 3 الى 5 مروز من قناة وبالوقت نفسه واعتمادا على حجم الساقية المغذية. الماء بهذه الطريقة سيترشح الى داخل التربة وينتشر الى الجوانب كما لو ان جريانه خلال المرز في ساقية صغيرة . يعتمد طول المرز على نسجة التربة وحجم الساقية المغذية للمروز وعدد المروزالتي تتغذى منها . طول المرز يتراوح من 30 الى 300م وهناك تغايرات معينة في طريقة المروز تعتمد على الحالة .

الري التموجي (التجعدي) Corragation

بالنسبة للمحاصيل التي يغطي نموها الارض تغطية تامة مثل الحنطة وفستق الحقل ....الخ فانها غالبا ماتعطى ري تكميلي بعد زراعتها على المطر لذا يتم عمل مروز ضحلة بين خطوط النباتات وان ممارسة الري في هكذا مروز تسمى الري التموجي .

المروز القصيرة Short Furrows

تروى محاصيل الخضر بوساطة مروز قصيرة بطول 5 الى 6 م و 5 الى 6 خطوط يتم تجميعها الى حوض وهذه الطريقة تستعمل لري حدائق الخضر من خلال سواقي صغيرة وتعتمد على نسبة الانحدار والمروز ربما يكون مستقيما او كنتوريا .

ري كل المروز Every Furrow Irrigation

في الطريقة الاعتيادية لري المروز يسمح للماء بالدخول الى كل المروز في كل رية وتسمى هذه الطريقة طريقة ري كل المروز every furrow irrigation (EFI) وفي هذه الطريقة فان الماء يتقدم جانبيا والى الاسفل وكما لو ان الماء يتحرك على طول المرز الذي يتم اروائه وان الحركة الجانبية للماء في المرز تجعله يلتقي بماء الحركة الجانبية للمرز المجاور فيترطب الجانبان وبعد هذا الالتقاء يبدأ الماء بالترشح الى الاسفل .

ري المروز المتناوب Alternate Furrow Irrigation

عندما يكون هناك نقص في امدادات المياه لتكون حاجة لعمليات حفظ وترشيد للمياه مع عدم حصول اختزال شديد في كمية الحاصل فان ري المروز المتناوب يمارس في هذه الحالة والذي يسمى (Alternate Furrow Irrigation (AFI اذ يروى مرز واحد من كل مرزين متجاورين وبذلك فالمرز الذي يمر فيه الماء ستنتشر منه الرطوبة باتجاه ثنية المرز المجاور وهكذا يحصل المرز الذي لا يمر فيه ماء على الرطوبة من المرزين المجاورين له اذ يتحرك الماء الذي يدخل المرز المروي الى الامام والى الجوانب وبذلك تحصل عمليات الترطيب وتسمى هذه الطريقة احيانا طريقة حجب الري (Skip Irrigation) ، في هذه الطريقة يمكن تقليل كمية المياه الكلية بنسبة 25 الى 35 % عن كمية الري فيما لو رويت جميع المروز ان الحاصل لا سيقل بنسبة لاتزيد عن 2 الى 16 % .

ري مروز المسافات العريضة

Wide Spaced Furrow Irrigation (WSFI)

يمارس ري مروز المسافات العريضة (المساطب) التي تصل المسافة بينها بين 2 الى 5 م وفي هذه الحالة فان خطين او اكثر من نباتات المحصول تكون موجودة

بين كل مرزين يتم اروائهما . ومن الجدير بالذكر ان المروز ذات المسافات العريضة تمارس جيدا في الترب المتوسطة والناعمة النسجة . اذ يتحرك الماء الى الاسفل والى الجوانب طيلة المدة التي تتم فيها عملية الري . ان حركة الماء الى الامام تكون بطيئة في طريقة (WSFI) مقارنة بطريقة (EFI) .

ري الخطوط الضمني Within Row Irrigation

ري الخطوط الضمني تختلف قليلا عن ري المروز (EFI) في طريقة زراعة المحاصيل ففي حالة طريقة ري جميع المروز فان الحقل يقسم كله الى ثنيات ومروز اي (كتف وبطن) وعادة ماتزرع البذور او الشتلات على جانب الثنيات ويجري الماء في المروز لينتشر جانبيا لترطيب الثنيات الواقعة عليها النباتات لذا تعطي الماء بكميات كافية للحصول على ترطيب كامل . اما الري الضمني Within Row Irrigation فهو يهدف الى تقليل كمية المياه المعطاة في كل رية ففي هذه الطريقة تروى المروز قبل البذار ثم بعد ذلك يتم زراعة البذور في بطن المرز وليس على الكتف وبهذه الحالة فاننا لا نحتاج الى ترطيب الاكتاف ترطيبا كاملا ومما يذكر ان الماء الذي يحتاج بهذه الطريقة يقل بنسبة 40% عن طريق ري المروز الاعتيادية .

عموما ان جميع انواع الري بالمروز تعطى مزايا عدة وتفضل على طريقة الري السطحي ففي طريقة ري المروز فان الماء يلامس فقط $\frac{1}{2}$ الى $\frac{1}{4}$ المساحة السطحية للارض وبذلك يقل فقد الماء بالتبخر . ان الري بطريقة الثنيات والمروز يؤدي الى حفظ مياه مقارنة بطريقة ري الارض المستوية خاصة المحاصيل الواسعة الزراعة كالقطن والذرة الصفراء و زهرة الشمس ..... الخ كما ان عملية تكون قشرة صلبة على سطح الارض تقل في حالة الري بالمروز وان عملية الفلاحة بين المروز يمكن القيام بها والمحصول موجود في الحقل فضلا عن ان كلف عمليات الري بالمروز تكون اقل .

الري الموجي Surge Irrigation

في الري الموجي فان ساقية كبيرة الحجم تستعمل لتشجيع الماء على التقدم بسرعة على طول المروز ولزيادة عمليات ترشيح الماء على طول المرز فان معدل الرشح ينخفض في مستهل المرز من اعلى قيمة في بداية عملية الري الى قيمة منخفضة ثم يميل الى الثبات وعموما ففي الربع الاول من المرز ولتقليل الجريان السطحي تستعمل عملية اعادة القطع من اجل تقليل تدريجي للجريان ليتناسب مع التغيرات في معدل الرشح داخل التربة اذ تزداد معدلات الرشح الى داخل التربة بقله سرعة الجريان الري الموجي يعطي فرصة مناسبة لجعل هذه الطريقة تعمل ذاتيا .

يعرف الري الموجي على انه اضافة متقطعة للماء تضاف الى سطح الحقل تحت جريان الجذب الارضي مما ينجم عنه سلسلة متناوبة من فتح (on) والغلق (off) خلال امتدادات زمنية متغيرة ، امواج كبيرة متقطعة تجري بدلا من جريان مستمر ويستعمل في هذه الحالة مجموعتين من المروز وانبوب ذا بوابة يرتب بطريقة بهيئة حرف T .

يتم فتح الماء من احد مجموعات المروز الى الاخرى من خلال صمام ومسيطر عليه ذاتيا الى ان يتم انتهاء الري . دوران الزمن (مدة الري + مدة التوقف) يمكن تغييرها من 30 دقيقة الى ساعات عدة . عندما يضاف الماء لمجموعة خلال مدة زمنية بعد توقف الجريان في هذه الحالة فان ضربة الماء ستستمر بتقدم متزامن وينحسر او يتراجع عند بداية ونهاية المرز بالتتابع على طول المرز خلال زمن التوقف وبعد وقت مناسب من التوقف يبدأ الماء بالتقدم مرة اخرى . وتستمر هذه العملية الى نهاية طور الري المتقدم . ان الموجات الكبيرة تشجع التقدم السريع للمياه على طول المرز وان اعادة القطع يكون تحقيقها اما بوساطة تقليل الدورة الزمنية او بالفتح لاستمرارية الجريان حال وصول الماء الى نهاية المرز بوساطة اشتغال كل منافذ بوابات الانابيب عند تصريف نصف الموجة اي 50% اعادة القطع . ان الري الموجي يحقق لنا مزايا

عدة خاصة بالنسبة للمروز الطويلة او الشرائط الحافية ، الري الموجي طريقة تحقق تقدم سريع للماء خلال المرز مقارنة بالاضافة المستمرة وبذلك فان كمية الماء التي نحتاجها لاكمال الطور المتقدم للري تكون اقل كما ان عملية التقطيع في جريان الماء تزيد من كفاءة الغيض وانتشار متجانس اكثر ويقل البزل العميق مقارنة مع الاضافة المستمرة . ان الاختزال في البزل العميق يحصل نتيجة للتقطيع بعملتي الترطيب واعادة الري

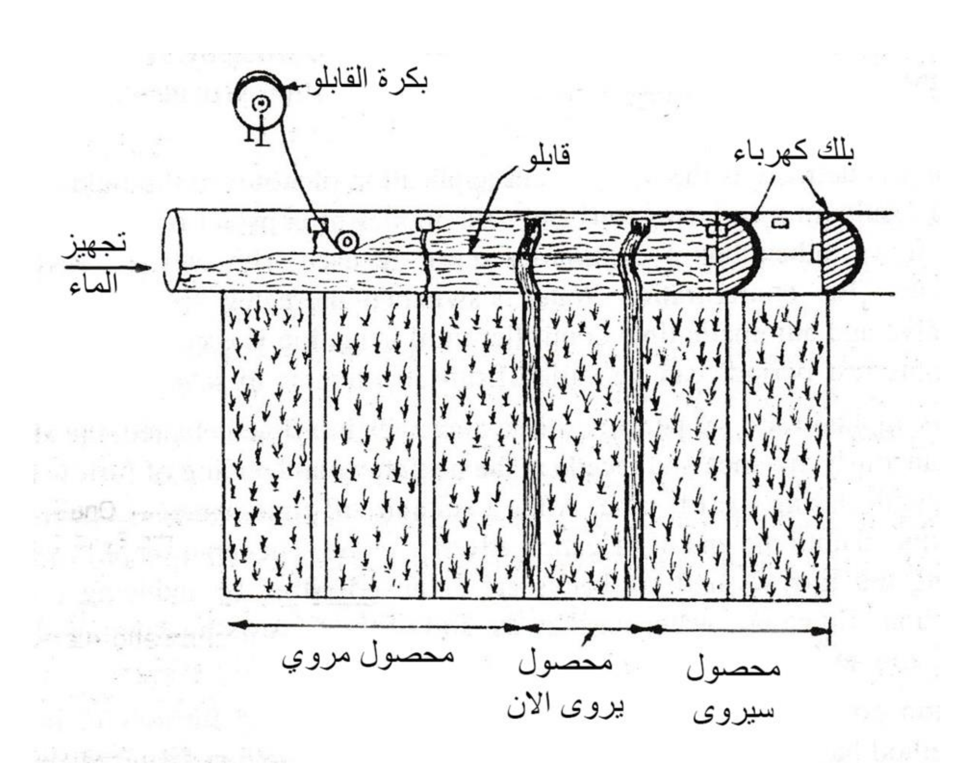
الري الكيبلي Cablegation

هو طريقة ذاتية من طرق الري السطحي وهذا النظام يمكن ان يوفر كميات مياه وتكاليف مقارنة مع طرائق الري السطحي الاخرى .

يتالف الري الكيبلي من منظومة تحوي انبوب ذات بوابة لتجهيز الماء . الانبوب مثبت عليه منافذ تبدأ من قمة الانبوب (الجانب العلوي) وتكون مفتوحة دائما وان المسافة بين المنافذ تعتمد على مسافات الزراعة . الانبوب يتم تنصيبه على درجة من الدقة وعلى طول حافة الحقل والانبوب يجب ان يكون كافيا لنقل كمية المياه اذ يكون مجهزا بانحدار كاف بحيث لا يسبب ملئ مقطعه بالكامل بالماء في داخل الانبوبة هناك سدادة متحركة كما في الشكل (12.9) اذ يخرج الماء من الانبوب من منافذ قرب السدادة لتجهيز الماء الى مجموعة من المروز او الشرائط الحافية .

ان سرعة حركة الماء للسدادة يتم السيطرة عليه ليناسب المتطلبات المائية لكل مرز وسرعة جريان الماء في الانبوب يكون تحت مستوى المنافذ ماعدا قرب السدادة والتضييق الذي يشبه حجم السدادة يؤدي الى زيادة ارتفاع عمود الماء في الانبوب وبذلك يؤدي الى خروج الماء من خلال المنافذ . المنافذ القريبة من السدادة تكون تحت اعلى عمود ماء واقصى سرعة توزيع بينما التي تكون بعيدة عن السدادة واقعة تحت اقل سرعة جريان .

لاجل جعل المنظومة تعمل بطريقة ذاتية فان للسدادة يسمح بالحركة مع الانحدار خلال الانبوب وبسرعة مسيطر عليها وبذلك فان لفة من القابلو (كيبل) في مدخل التركيب بحيث تلامس نهاية السدادة للتحكم بحركة السدادة عبر الانبوب . سرعة حركة بكرة القابلو الخارجية هي التي تحدد سرعة حركة السدادة لانها تتحكم بها وفي الوقت الذي يتقدم فيه ماء الري عبر الحقل . ان ضغط الماء هو الذي يجهز قوة الحركة للسدادة واذا ماتحركت السدادة عبر منفذ خاص فان الماء يجري خارج ذلك المنفذ بسرعة عالية نسبيا واذا ماتحركت السدادة باتجاه اسفل الانبوب فان سرعة جريان الماء من المنافذ الخاصة ستقل ويصبح خروج الماء صفرا وهكذا فان تخفيفا للماء سيحصل .



شكل 12.9. استعمال القابلو (كيبل) للسحب والتحكم بتوزيع الماء (Cablegation)

الري المحدود للنظم الحقلية للأراضي الجافة

Limited Irrigation Dry land Farming System

عندما يكون الموسم الرطب ذا امطار جيدة الكمية والتوزيع وينتج عنهما ترطيب لمقد التربة في مستهل بدء موسم الزراعة ففهي هذه الحالة لا تكون حاجة للري . اما عندما لا يكون هناك توقع دقيق لسقوط امطار فان الري يمارس في هذه الحالة حتى في الموسم الرطب . ان زيادة استعمال المطر باقصى مايمكن تصبح اكثر اهمية حتى في حالة اسلوب الري بالرفع ذلم لسرعة استنفاد تجهيز الماء للاراضي وارتفاع كلف الطاقة لرفع الماء الارضي واستعماله في الري وهذه يمكن تحقيقها من خلال تحديد الري واتباع اساليب حراثة الصيانة والحفظ .

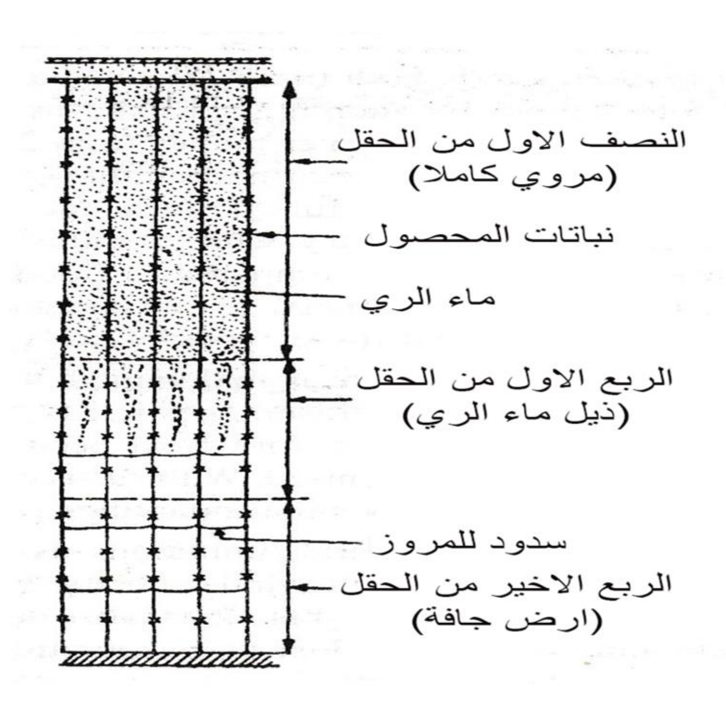
ان سترتيجية ادارة الري المحدود تهدف الى امثلة (optimizing) الانتاج لكل وحدة مياه مضافة بدلا من الحصول على اعلى حاصل لوحدة مساحة الارض . ومن المزايا الرئيسية للري المحدود هو زيادة المساحة المروية للحقل بدون زيادة في كمية المياه لحصو على اعلى كفاءة استعمال للمياه . ان استعمال عملية الربط بين الامطار الساقطة والري يمكن تحسينها مباشرة باتباع اسلوب حراثة الصيانة والحفظ ، اذ ان حراثة الصيانة تعمل على تقليل الجريان السطحي وتزيد من عملية نفاذ الماء الى الاسفل وتقلل التبخر نتيجة لوجود متبقيات المحصول السابق مغطية سطح التربة وهكذا فان خزن مياه الامطار في التربة يزداد .

في المناطق شبه الجافة التجهيز الكلي للماء (الري + الامطار) تتغاير بشكل كبير من سنة لاخرى ففي السنوات الجافة تزداد الحاجة للري وذلك بسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء وازدياد سرعة الرياح وحصول عجز شديد في ضغط البخار وفي الوقت نفسه يقل الماء الجاهز في الانهر والابار .... الخ كما ان حدوث المطر لا

يمكن التنبؤ به احيانا اذ ربما يحصل سقوط امطار مباشرة بعد اعطاء رية كاملة للحقل مما ينتج جريان سطحي شديد وربما غرق .

ولزيادة كفاءة الري ايصال مياه الامطار فهناك بديلان جاهزان . البديل الاول هو استعمال الري بالرش الذي يهدف الى استعمال كميات قليلة من المياه والبديل الثاني هو نظام الري المحدود للاراضي الجافة Limited Irrigation Dry Land Farming System (LIS system) ويعني نظام LID الانتفاع من مياه الامطار الموسمية وتحديد كميات مياه الري المستعملة ومن السمات الفريدة لهذا النظام هو مرونته في المساحة المراد اروائها والتي تكون اكثر في السنوات المبتلة منها الى السنوات الجافة . اما الاخرى يكون باستعمال الري بالمروز دون حصول جريان سطحي من الحقل ولمنع الجريان السطحي من الامطار الساقطة في الموسم حتى عند سقوطها متزامنة او في وقت قريب من اجراء عملية الري .

وفي هذا النظام يقسم طول الحقل الى ثلاث مقاطع لادارة عملية الري . النصف العلوي من الحقل يدار على انه مقطع ري كامل والربع الذي ياتي بعده يروى منه ذيل او نهاية الجريان السطحي المقاوم من المروز الموجودة في المقطع الذي اعطي ريا كاملا واخيرا المقطع الثالث والاخير وهو ربع الحقل فهذا يدار فيه الري على اساس انه مقطع ارض جافة له المقدرة على الاستلام والانتفاع من اي جريان سطحي الذي ينتج سواء عن الري او الامطار (شكل 13.9) . سدود المروز يتم وضعها بمسافات 3 م او على طول الحقل وهذه السدود تغسل جزيئا الى الخارج بوساطة الري الى المسافة التي يتقدم فيها الماء اسفل المروز .



شكل13.9. مخطط يوضح نظام الري المحدود في حقول الاراضي الجافة

الري تحت السطحي Subsurface Irrigation

في هذه الطريقة يتم اضافة الماء تحت سطح التربة من خلال انابيب او خراطيم دائمية مثبتة تحت سطح التربة وتمر الانابيب خلال خنادق عميقة بمسافة 15 – 30 م . الماء في هذه الحالة يعمل على ترطيب منطقة الجذور تدريجيا من خلال الحركة الشعرية للماء . في هذه الطريقة يكون سطح التربة جاف في الوقت الذي تكون فيه المنطقة الجذرية رطبة ولهذا فان الفقد بالتبخر يقل الى اقل مايمكن او ينعدم . كما ان مشكلة الادغال تقل كذلك لان جفاف الطبقة السطحية للتربة لا تساعد على انبات بذور الادغال او نموها . كما ان الخنادق يمكن استعمالها للبزل . ومن مساوئ هذه الطريقة هي صعوبة اجراء عمليات الادامة لخطوط الانابيب كما انها تتداخل مع عمليات الحراثة . ان الري تحت السطحي باستعمال الخنادق يسبب فقدان الماء بالبزل العميق .

ومما يذكر ان طريقة الري تحت السطحي تصلح في المناطق التي يكون فيها الماء الارضي ذا اعماق ضحلة كما تصلح هذه الطريقة مع المحاصيل المعمرة اكثر مما في حالة المحاصيل الحولية وكذلك المحاصيل ذات الجذور العميقة اكثر منها الى المحاصيل ذات الجذور السطحية . ومما يذكر ان مشروع الدجيلة الذي نفذ في سبعينات القرن الماضي في محافظة واسط (جنوب العراق) يعتمد هذا الاسلوب من الري واستغل لزراعة المحاصيل العلفية انذاك .

الري بالرش Sprinkler Irrigation

في هذه الطريقة يتم اضافة الماء بهيئة رذاذ او على شكل قطرات مطرية تنزل على نبات المحصول . ومن المكونات المهمة لنظام الري بالرش هي المضخات (pump) وخطوط الانابيب الرئيسية (main pipeline) وخطوط الانابيب الجانبية (lateral pipeline) والانابيب المرتفعة (riser pipe) والمرشات (sprinkler) اذ تقوم المضخات بارسال الماء تحت ضغط في منظومة الانابيب الى مرشات الماء التي تنثره على النباتات . الانابيب الرئيسية ترتبط بالانابيب الجانبية والانابيب المرتفعة تثبت شاقوليا على الانابيب الجانبية . ان ارتفاع الانابيب المرتفعة تعتمد على ارتفاع نباتات المحصول .ويجب ان يساوي اقصى ارتفاع يصله المحصول. المرشات الراسية (المصرفة للماء) للنوع الدوراني تثبت على الانابيب المرتفعة . وللحصول على عملية رش متجانسة فمن المهم ان يتم المرور عبر المساحة كلها من قبل جميع المرشات . ان تكامل الضغط والدوران البطئ ينتج عنه نفث الماء الى مسافات معروفة ومطلوب وصول الماء اليها . وهذا يعد من الاهمية بمكان فيما اذا كانت هناك حاجة لوضع مرشات في اماكن اضافية اي ان تجانس الرش بالحقل يعطي مؤشرات على توزيع المرشات ودقة اماكن تثبيتها وعددها .

للري بالرش مزايا عدة منها تقليل فقد الماء مقارنة بالري السطحي وبنسبة 15 الى 20 % في المساحة المروية جيدا و 30 الى 50 % في القناة وخزان المساحة المروية . كما ان توزيع الماء يكون متجانسا والذي غالبا يكون صعبا في طريقة الري السطحي وهكذا فان استعمال طريقة الري بالرش تزيد من المساحة التي يمكن اروائها بمقدار 1.5 الى 2 مرة مقارنة بطريقة الري السطحي وبكمية الماء المصروفة نفسها . كما ان نسبة تقنين الماء تتراوح بين 25 الى 50 % ولمختلف المحاصيل . الماء عندما يضاف بهيئة مطر فان تاثير الغمر على التربة يكون قليل جدا اومعدوم وذلك لان معدل الاضافة اقل من معدل اخذ التربة للماء والجريان السطحي لا يحصل . ان ري التربة الرملية باستعمال الري السطحي يكون صعبا بينما يكون اسهل باستعمال الري بالرش . كفاءة استعمال الماء يمكن زيادتها بمقدار 3 – 4 مرات باستعمال الري بالرش مقارنة بالري السطحي . الري بالرش يمكن ان يستعمل بالترب الضحلة وغير المستوية . في الاراضي ذات الانحدارات الشديدة فان استعمال الري السطحي يكون صعبا بينما استعمال الري بالرش ممكن ويمارس بسهولة اكبر .

وطالما كانت رطوبة التربة في حدودها المثلى فان نمو المحصول والحاصل يكونا عاليين ونوعية الحاصل تكون جيدة كما ان مبيدات الاعشاب والحشرات والامراض والمغذيات يمكن اضافتها بسهولة مع مياه الري وتوزيعها توزيها متجانسا . ان ري المحاصيل بالرش قبل حدوث الانجماد يساعد على استدامة حرارة اعلى وبذلك يمكن تقليل اضرار الانجماد . مع استعمال الري السطحي فان اقل من 3 سم عمق لا يمكن اضافتها بينما كمية صغيرة من المياه يمكن رشها بمنظومة الري بالرش .

هناك محددات ايضا لاستعمال الري بالرش فهو لا يعمل جيدا تحت سرعة رياح عالية لذا يفضل اضافة المياه في يوم هادئ الرياح وتضاف المياه ليلا كما انه لا يناسب المناطق ذات الرياح الحارة الجافة لان كمية كبيرة من المياه تفقد بالتبخر كما

تحتاج منظومة الري بالرش الى طاقة عالية ذلك لان الرش يعمل بالضغط كما ان المستلزمات المطلوبة عالية الكلفة .

نظام الاضافة قليل الطاقة المحكم

Low Energy Precision Application (LEPA) System

نظام LEPA هو تحوير لنظام الري بالرش والذي يتم فيه اضافة الماء مباشرة الى المروز تحت ضغط واطئ خلال انانبيب تقطير ذات منقطات مسيطر عليها . الماء في هذه الحالة لا يرش بضغط كما في نظام الري بالرش ويستعمل هذا النظام مع حواجز المروز المصممة لحجز الماء المضاف .

الري الدقيق Microirrigation

الري الدقيق يغطي عدد كبير من ممارسات الري ذات الخصائص المعروفة التي هي عبارة عن مقاطع متقاطعة صغيرة لانابيب تجهيز وتوزيع منقطات الماء ذات معدلات واطئة التوزيع فضلا عن توزيع موقعي للماء ولمساحة محدودة . وكقاعدة فان نظام الري الدقيق هو نظام ثابت اذ يتم تثبيت مجموعة صلبة لها القدرة على ايصال كمية مثالية من الماء الى المحصول وهناك منظومات ري دقيق متوفرة في الاسواق ذات حجم مذهل وذات مديات من الدقة كما ان اهمية الري الدقيق هو استعمال نظم التنقيط والنفث الدقيق للماء والرش الدقيق ولقد ازداد الاهتمام باستعمال هذا النظام في ري الاشجار .

الري بالتنقيط Drip Irrigation

يعرف الري بالتنقيط على انه اضافة دقيقة وبطيئة للماء على شكل متقطع او مستمر او مجرى صغير او مرشات دقيقة من خلال اداة ميكانيكية تسمى منقطات او مضيفات موقعية في نقاط منتخبة على طول انبوب توزيع الماء . ان مصطلحي الري بالتنقيط او بالتنضيض (trickle or drip irrigation) يستعملان بالترادف .

ولقد لوحظ 1940 ان ارتشاح الماء من الصنبور اظهر نموا جيدا للاشجار القريبة من ذلك الارتشاح مقارنة بالاشجار الاخرى المزروعة في المساحة نفسها وفي 1946 تم تطوير اول منظومة ريادية للري بالتنقيط وفي اواخر الستينات انتشر مفهوم الري بالتنقيط وبشكل واسع في استراليا والولايات المتحدة وحاليا يمارس في بلدان عده من العالم .

مكونات الري بالتنقيط Components of Drip Irrigation

منظومة الري بالتنقيط تتضمن المكونات الاتية (شكل 14.9)

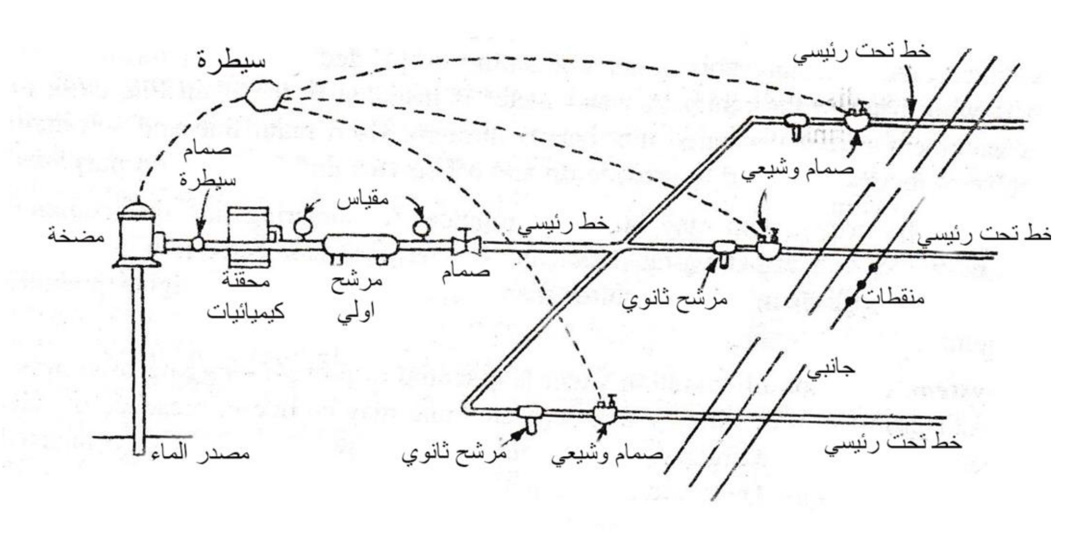
1- مضخة لرفع الماء بين مصدر التجهيز .
2- وحدات رفع تتضمن خزان الاستدامة متطلبات الضغط لتدوير الماء .
3- منظومة توزيع مركزي ترتبط بالمجهز الرئيسي للماء لتنظيم ضغط الماء والكمية .
4- خزان الاسمدة ، يربط الى منظومة التوزيع المركزية لامداد النباتات بالمغذيات المذابة مع ماء الري .
5- مرشح يربط بمنظومة التوزيع لازالة المواد العالقة في الماء .
6- انبوب رئيسي (PVC) بقطر مناسب وطول انابيب تحت رئيسية او جانبية باقطار واطوال مناسبة تربط بطريقة متوازية الى الخط الرئيسي .

7- موصلات جانبية او تحت رئيسية ذات قطر وطول مناسبين وبطريقة متوازية الى الرئيسي .

8- مقطرات بلاستيكية مندمجة في الجوانب وبمسافات مناسبة (مساوية الى المسافة بين النباتات ضمن الخط الواحد) وتسيطر هذه المنقطات على اطلاق كمية الماء المناسبة .

المضخة Pump :- عمل المضخة من خلال عمليتي الجريان والضغط يتحددان بعد ان يتم حساب الاقطار والاطوال والتصاريف ولكل الانابيب الرئيسة كما ان الجانبيات والمقطرات والفواقد يتم حسابها .

الرفع Head :- ان عملية رفع الماء من مصدر التجهيز يتم خزنه في خزان رئيسي وغالبا ما يكون بحجم 3 × 3 × 3 م ويوضع على ارتفاع مناسب لاستدامة ضغط الماء الى منظومة توزيع رئيسة التي تنظم الضغط وكمية الماء المجهزة .



شكل.14.9 منظومة الري بالتنقيط

منظومة التوزيع الرئيسة Central Distribution

تتضمن صمامات سيطرة ومقاييس ماء وساعات قراءة و وحدات التسميد والترشيح المتثبتة على الانابيب الرئيسة . ان صمامات السيطرة الموجودة في اسفل مجرى المضخة تفتح حالا حينما يتطلب الجريان من المضخة وتغلق حينما يكون الجريان من الاتجاه المعاكس (باتجاه المضخة) . وهذه تمنع وجود عوالق في الماء و رجوع الاسمدة والمبيدات من المجرى الى المضخة . عدادات المياه يتم تنصيبها في الخط الرئيس بالقرب من الخزان ذلك لقياس التصريف الذي يمر من خلاله ، وان كل انبوب رئيس وتحت رئيس يجب ان يكون كل منهما مزود بصمام عند نهايته في القناة ذلك للسيطرة على خدمات الفتح والغلق والسيطرة على ترشيح المياه .

وحدة الاسمدة Fertilizer Unit

ان نظام الري بالتنقيط يجب ان يحوي وسائل لقياس الاسمدة الذاهبة الى منظومة التسميد مع مياه الري فضلا عن المبيدات والكيميائيات المترسبة . الاسمدة تحقن الى المنظومة بسرعة محدودة ومتكررة كما ان عملية حقن الاسمدة تحتاج الى تشغيل مضخة تحت ضغط اعلى من ضغط نظام التنقيط .

منظومة الترشيح Filtration System

تعد عملية الترشيح لماء الري ضرورية لمنع ترسب المواد من المنقطات والتي تعد احد المشاكل الرئيسة لنظام الري بالتنقيط كما ان الترسيب يمكن ان يؤدي الى وجود املاح في الماء واحياء دقيقة ومواد عضوية وغير عضوية عالقة والطين والغرين ...... الخ . المرشح يكون موصلا بمنظومة التوزيع المركزية وهناك نوعين شائعين من المرشحات هما :-

مرشح مشبك Screen (mesh) Filter

ينفع هذا النوع من المرشحات بشكل رئيس لازالة الدقائق العضوية العالقة بالماء الذي يحوي على كميات من المواد العضوية . ان المرشح المشبك لا يستطيع ازالة الدقائق العضوية والكميات الكبيرة من الدقائق العالقة بالماء بدون تقليل جريان الماء خلال المرشح لذا فمن الضروري القيام بعملية غسل دورية للمرشحات لازالة الدقائق المتراكمة فيها .

مرشح الرمل Sand Filter

يعد مرشح الرمل اكثر كفاءة في ازالة الدقائق العضوية وغير العضوية من الماء اذ بامكانه استخلاص وحجر كميات كبيرة من العوالق الصلبة دون تقليل توزيع جريان الماء المرشح ومن الجدير بالذكر ان الرمل عادة يجهز دون نظام ارجاع للتدفق

الخط الرئيسي Main Line

خط انابيب PVC الرئيس عادة مايكون قطرها 25 الى 75 ملم وفي مجموعة انابيب HDPE , PVC فان فقط القطر الخارجي Outer Dimeter (OD) يتم وضعه بالحساب كما ان معدل الضغط في انابيب PVC يحدده المادة المصنوع منها تلك الانابيب فضلا عن نسبة الابعاد . ان نسبة الابعاد تعبر عن قطر الانبوب وسمك الجدار وكليهما يحددان معدل ضغط الانبوب . انابيب PVC عادة ماتكون متوفرة بمعدلات ضغط 2.5 ، 4.0 ، 6.0 ، 10.0 كغم / سم^2 .

تحت الرئيس Submain

تصريف الموزعات تحت الرئيسة تم ضبطه ليكون نفسه الى كل الجوانب . كما ان المساحة التي يتم تغطيتها بالانابيب تحت الرئيسة يعتمد على تنظيم ومساحة الحقل وانحدار الارض وتجهيز الماء ومتطلبات الري فضلا عن التجانس المطلوب ضمن الوحدات الثانوية وغالبا ما تستعمل انابيب بقطر 25 – 50 ملم وطول مناسب .

الجانبية Laterals

وهذه يتم تجهيزها من الخط الرئيسي او من تحت الرئيس و لكل خط من خطوط المحصول ويجب ان يكون هناك تقويم دقيق للفقد الاحتكاكي في الجانبيات لتحقيق تجانس مثالي للمنقطات ذا الخصائص والتغايرات التصنيعية فضلا عن تغاير الضغط . في حالة التصميم الجانبي كما في حالة الجريان خلال الجوانب فانه يكون تصريف تدريجي خلال المنقطات .

ان تجانس التصريف خلال المنقطات الطرفية الواقعة على الجانبيات يجب ان يكون على اساس نسبة 20% من تغايرات الجريان و تحت ظروف الاضطراب ضمن الجانبيات فان الضغط يختلف ربما بنسبة 44% . ان فائدة نسبة 44% لتغاير ضغط الرفع الكلي تسمح لتوسع اكبر من تصميم الرفع (head) ولذلك فان منقطات جانبية تكون اطول واكثر اقتصادية لذا فان الجانبيات يجب ان تصمم لابرار تصريف ماء متجانس خلال المنقطات مع تجانس مقبول .

حجم الجانبيات يجب ان يختار لامرار اقصى كمية من الماء المطلوبة لخط واحد خلال وحدة الزمن : انحدار الخطوط الجانبية يؤثر في التصريف خلال المنقطات الذي يسبب تغيرات في الضغط في الخط . في تقطير الجانبيات فان ضغط القطرة بين الخطوط الجانبية يجب ان لايزيد عن 20% لضغط من ضغط تشغيل المنقطات وحينما يكون عدد المنقطات ثابتا فان طول الخطوط الجانبية يحدد بوساطة ضغط القطرة بين

الخطوط الجانبية او تجانس تصريف المنقطات . في نظام التنقيط فان تجانس المنقطات يجب ان لايقل عن 90% وعادة ما تستعمل انابيب 12 و 15 ملم كانابيب جانبية وتثبت على جانبي تحت الرئيس او الرئيس وعادة ما يتم تثبيتها فوق الارض.

المنقطات او المقطرات Drippers or Emitters

هناك انواع عدة من المنقطات فهي اما مسار قصير (short path) ومسار طويل (long path) ، قصير الفتحة (short orifice) ، معوض الضغط (pressure compensating) ، غسل ذاتي (self – flushing) او منقطات مسامية وهذه التصاميم يمكن ان توضع في مجموعتين هي مصدر نقطي (point source) او مصدر خطي (line surce) . انظمة المصدر النقطي تصريف الماء فيها منفذ منفرد او تعدد المنافذ توضع بمسافة على الاقل 1 م .

نظام المصدر الخطي – يحوي ثقوب مسامات او فتحات (holes) جدارية في انابيب الري يكون تصريف الماء فيها بمسافات متقاربة او حتى يكون تصريف مستمر على طول الانبوب الجانبي . انظمة المصدر النقطي يستعمل للمسافات التي تزرع بمسافات واسعة والمصدر الخطي للمحاصيل التي تزرع بمسافات قريبة . في الري التقليدي فان زيادة من الماء وتكون في منطقة الجذور في وقت الري او ليوم او يومين بعد الري . وبعدها تبدأ الرطوبة بالانخفاض يوما بعد يوم حتى الوصول الى الرية القادمة وخارج مستوى الجهد المائي الحرج فان الماء الجاهز لا يكفي للنبات. وبين الريتين فان النبات يتعرض الى الشد المائي في الري التقليدي ما لم يكون تردد الري بفاصل قصير . لكن في هذه الحالة فان فقدان الماء بالتبخر والبزل العميق والجريان السطحي يكون اكثر كما ان الفقدان بالمغذيات الذائبة يحدث كذلك وفي حالة الري بالتنقيط رغم ان تردد الري يكون عالي الا ان الكمية المضافة تكون قليلة في الرية الواحدة لذا فان التبخر يكون قليل جدا والجريان السطحي معدوم ان الرطوبة في منطقة

الجذور تكون دائما قريبة من السعة الحقلية وفي هذه الحالة فان النبات لا يتعرض للشد المائي في اي مرحلة من مراحل نموه وتطوره . جاهزية المغذيات تكون عالية عند حدود السعة الحقلية للرطوبة وهكذا فان المحصول ينمو جيدا ويعطي حاصل عال .

انواع منظومات الري بالتنقيط

Types of Drip Irrigation Systems

هناك انواع مختلفة من منظومات الري بالتنقيط الا ان اكثرها شيوعا هي منظومة الري بالتنقيط السطحي ومن مزايا هذه المنظومة هي سهولة النصب والفحص وتغيير وتنظيف المنقطات يكون سهلا . في حالة منظومة الري بالتنقيط تحت السطحي فان الخطوط الجانبية تدفن تحت سطح التربة . منظومات الري بالرش تضيف الماء بالرش بهيئة رذاذ او ضباب على سطح التربة وهذه تستعمل بالدرجة الرئيسية للمحاصيل .منظومة الري النبضي (pulse irrigation system) تعمل على تجهيز الماء بسلسلة من النبضات او التصريف على فترات من 5 او 10 او 15 دقيقة .

الري بالتنقيط تحت السطح Sub surface Drip Irrigation

الري بالتنقيط تحت السطح يعد اكثر طرق الري تقدما اذ تسمح هذه الطريقة باضافة كميات صغيرة جدا من الماء الى التربة من خلال المنقطات الموضوعة تحت سطح التربة . الري بالتنقيط تحت السطح يمكن استعماله بنجاح لحقول عدة ومحاصيل الفاكهة .

لقد تم تطوير انواع مختلفة من انواع الري تحت السطح وبشكل رئيسي مع انواع مختلفة من نظم الانابيب الجانبية . فهناك نظام جانبي على الخط (on line) ونظام جانبي في الخط (in line) والتنقيط الشريطي ونظام الانبوب المسامي وانبوب PVC مع وجود فتحات ...... الخ . يستعمل انبوب PVC بطول 6 م وبقطر خارجي 20.4 ملم وقطر داخلي 17.9 ملم للري تحت السطح . يثقب انبوب PVC باربعة

ثقوب بقطر 1 ملم ويدفن الانبوب بعمق 30 سم تحت سطح التربة وتغطى فتحات الري بطبقة مرشحة . ان تجانس الري من خلال انبوب PVC المصمم قياسيا باستعمال 15 كيلو باسكال كضغط ري . الري يتم جدولته عند مص ماء بـ 30 كيلو باسكال وبالمقارنة مع ري التنقيط الشائع فان الري تحت السطح باستعمال انبوب PVC يكون سهل الدفن وذو ارواء سريع كما يعمل على زيادة الحاصل وزيادة حفظ الماء .

ان المعلومات حول الاعماق ومساحة المنطقة التي يتم ترطيبها من التربة تحت اضافة الماء بالري تحت السطح لها دور جوهري مهم في تصميم وادارة ري بالتنقيط تحت السطح . في الترب الرملية ذات النفاذية العالية فان نمط الترطيب يكون اهليلجي . فمع زيادة حجم عمق الترطيب بدرجة اكبر من نصف القطر مما ينتج عنه ماء اكثر تحت المنقطات بالمقارنة مع فوق المنقطات (94% من الماء يكون تحت المنقط) وفي الترب الغرينية قليلة النفاذية فان نمط الترطيب يكون مغزلي وان كمية الماء متساوية فوق وتحت المنقط وفي الترب الطينية الغرينية المزيجية فان اغلب الماء يتحرك الى اعلى المنقط .

المسافات للانابيب الجانبية ومسافات المنقطات ومعدل التصريف للمنقطات وكمية الري ونوع التربة يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند تصميم منظومة الري بالتنقيط تحت السطح هو لدفن خطوط التنقيط بعمق 20 – 30 سم . الكثافة العالية للنباتات القائمة في الحقل والحاصل وكفاءة استعمال الماء (WUE) يتم الحصول عليها من الشرائط بعمق 15 الى 20 سم . الانابيب الجانبية يتم وضعها سواء مباشرة تحت خط الزراعة او بين مرزين متبادلين او يوضع بمسافات جانبية ثابتة . ان اعلى حاصل يتم الحصول عليه للانابيب الجانبية التي تدفن تحت خط الزراعة مباشرة . و ربما اقل حاصل هو عندما توضع للمروز بالتبادل وبالنسبة للتي توضع مدفونة فان محتوى التربة من الماء وكثافة الجذور سيتركزان حول خط التنقيط الموضوع مباشرة

تحت خط النباتات بينما التي توضع للمروز بالتبادل فان منطقة الترطيب للتربة وكثافة الجذور سوف لا يقترنان مع خطوط النباتات .

ان اعلى حاصل للطماطة (42 طن / هكتار) تم الحصول عليه من مسافة (2.6 م) للانابيب الجانبية كما ان كلف التنصيب لمنظومة الري بالتنقيط لهكتار من الطماطة تحت الري بالتنقيط وبمسافات للانابيب الجانبية 1.80 ، 2.20 ، 2.60 و 3.00 م كانت 500 ، 450 ، 400 ، 375 دولار على التتابع . ان قيم نسبة الفائدة المتحققة كانت 3.81 و 4.10 و 5.13 و 4.34 . استدامة المنقطات 150 كيلو باسكال يكون احسن من 50 و 90 و 200 كيلو باسكال وان طول 80 م يعد الطول المناسب لشريط الري .

لقد وجد ان ارتفاع النبات وحجم الشجرة وقطر الساق فضلا عن عدد الثمار والحاصل الكلي للتفاحيات كان اكثر تحت نظام الري بالتنقيط منه الى الري بالاحواض. مستوى الري (0.6 و 0.8 نسبة IW / CEP) لم يؤثر في نمو النبات وحاصل الثمار ومعدل وزن الثمرة . كفاءة استعمال الماء كان اكثر في حالة الري بالتنقيط تحت السطح مقارنة بالري بالمروز (2.9 مقابل 2.0 كغم / م^3) .

رطوبة التربة عموما اعلى تغاير في حالة الري بالتنقيط محتوى رطوبة التربة تحت نظام الري بالتنقيط تحت السطح يكون اكثر تجانسا بالمقارنة مع الري بالتنقيط السطحي . ارتفاع النبات الحاصل وكفاءة استعمال الماء للباميا ازداد نتيجة للري تحت السطح بمقدار 13% .

التاسيس للنباتات مع الري بالتنقيط تحت السطح يعول عليه كثير نتيجة للحركة غير المشبعة للماء من المصدر المدفون الى البذور او البادرات لذا فان التاسيس يتاثر بالمسافة الى المصدر ونسجة التربة وتركيبها والمحتوى المائي السابق . التنصيب يجب ان لايكون بعمق كبير بحيث لا يزيد عن 0.2 م للتربة المزيجة ولتاسيس المحاصيل مثل المراعي والمحاصيل التي تزرع بالنثر فان مسافات الانابيب الجانبية

يجب ان لاتكون اكبر من 1.0 م ومع هذه التشكيلة فان العمق التطبيقي (120 ملم) لا يزال مقبولا لتغطية السطح الكلي .

الري بالتنقيط تحت السطح يمكن استعماله لامداد النباتات بالاوكسجين خلال ماء الري بوساطة التهوية العلوية . بيروكسيد الهيدروجين بمعدل 5 لتر / هكتار في نهاية كل دورة ري يمكن حقنه . الحاصل يزداد بنسبة 25% . بزوغ الادغال في حالة الري تحت السطح يكون اقل مقارنة بالري بوساطة المروز . كثافات الادغال على المساطب كانت 46 الى 96 % اقل في حالة الري تحت السطح مقارنة بري المروز.

الري بالتنقيط المستمر الجريان Continuous – Flow Drip Irrigation

ان اي تصميم يمكن ان يعطي استمرارية جريان لمنظومة ري بالتنقيط ويجهز اقصى متطلبات الماء للمحصول وخلال 24 ساعة في اليوم ويعمل على استدامة الرطوبة في منطقة الجذور وبحدود السعة الحقلية وطيلة موسم النمو . ان تصميم معدل الجريان المستمر هو 9 قطرات ماء خلال الدقيقة (0.03 لتر / ساعة) للطماطة وكما في الجدول (24.9) .

النظام ممكن ان ينصب باستعمال مجموعة الحقن الطبية كمنقطات . ان جدولة الري باستعمال التنقيط المستمر الجريان تؤدي الى حفظ الماء بنسبة حوالي 42.3% و 15.7% عند 0.03 و 0.05 لتر / ساعة على التتابع عن الري بالمروز وعلى اية حال فعند تصريف ماء عال (0.065 و 0.07 لتر / ساعة) فان النظام يضيف 10.1 و 32.2 % ماء اضافي قياسا بالري بالمروز .

جدول 24.9. كفاءة استعمال الماء وتاثرها بتصريف المنقطات

التصريف (لتر / ساعة)	كفاءة استعمال الماء (كغم / هكتار ملم)
0.03	155
0.05	107
0.06	85
0.07	64
مقارنة	101

تسميد مع الري Fertigation

يمتلك الري بالتنقيط طاقة لاضافة دقيقة ومضبوطة للماء والمغذيات وبكمية والمكان وبمعدل يتناسب مع احتياجات النبات . كما ان التجانس على مستوى الحقل الواسع يكون احتمالا اكثر تحت الري بالتنقيط الا ان توزيع الماء والمغذيات حول خط المنقطات ليس متجانسا . ان كلا من المحتوى الرطوبي للتربة والتركيز الكيميائي يكون الاعلى قرب المنقط بعد الاضافة الا ان اعادة التوزيع بعد ذلك يتم السيطرة عليه او تتحكم به الخصائص الفيزيائية للتربة وان كمية يمكن تقديرها من اليوريا المضافة تتحرك حالا من مصدر المياه ولا تتراكم في التربة بل تستمر بالتناقص مع الوقت بعد الحقن وذلك بسبب التحلل المائي . توزيع الامونيوم يتحدد بحجم شعاعي (15 – 20 سم) حول مصدر الماء وبجانب هذا المدى فان تركيز الامونيوم يبقى عند قيمته الابتدائية (الاولية) وذلك بسبب زيادة السرعة النسبية لاعادة النترجة وبطئ النقل نتيجة الامدصاص وبالمقابل للامونيوم فان النترات تتراكم حول حدود المنطقة المرطبة (50 – 75 سم) مما يؤكد ان حركة النترات في التربة هي نسبة مباشرة او تحصيل مباشر لحركة الماء . ان اتجاه تراكم النترات خلال موسم النمو يؤكد ان تجهيز النترات بوساطة الاسمدة يزيد عن الذي يزيله النبات والذي يغسل من التربة . الفسفور

والبوتاسيوم يتواجدان فقط بجوار مصدر الماء في اغلب الاوقات . ان الاعتماد على طريقة الري في ان تساعد على امتصاص عال للاسمدة بوساطة التربة سوف يمنع حركة تلك الاسمدة الاضافية باتجاه الاسفل خلال مقد التربة . البوتاسيوم يتحرك الى اقل عمق في التربة نتيجة لتعاقب الري المتقارب الى نهاية مدة الحقن . بالنسبة للري تحت السطح فان نمط التوزيع الفراغي يكون اوسع باتجاه شاقولي مع القوى الشعرية بما يحمل مياه ومغذيات الى حجم اكبر من التربة حول منطقة الجذر . الري تحت السطح يكون ذا حاصل اعلى من جميع طرائق الري بالتنقيط وبشكل جوهري .

من الملاحظ ان تركيزا شديدا من الامونيوم يبقى قريبا جدا من نقطة المصدر ذلك بسبب الامتصاص العالي للامونيوم من قبل التربة . ان تراكم النترات باتجاه حدود المنطقة الرطبة لوحظ مع جميع سترتجيات الحقن مما يدعوا الى اجراء عملية الغسل لمحلول الاسمدة المتبقية في خطوط منظومة التنقيط وذلك بوقت قصير بعد الانتهاء من اضافة الاسمدة لتجنب الفقد الكثير للنترات من منظومة الجذور . ان المعتمد هو اضافة ربع كمية الماء المطلوبة ثم تضاف الاسمدة . ان ستراتيجيات الحقن مع معدلات اسبوعية متساوية ينتج عنها حاصل حيوي عال للنبات واكثر تسويق للمنتج مقارنة بزيادة المعدلات عن اسبوعيا .

ان جدولة الري اليومي مرة واحدة كل يومين او ثلاثة ايام له فوائد مع محاصيل عدة . جدولة الري عند 10 ، 20 او 30 ملم من التبخر التراكمي لمحصول قصب السكر لم يكن له تاثير في الحاصل .

تصميم الري بالتنقيط للحمضيات – موديل A

Drip Irrigation Design For Citrus – A Model

مزارع يمتلك بئرا مفتوحا بقطر 4 م وعمق 25 م نصب عليه مضخة كهربائية ذا قوة حصانية 5 والتربة كانت مزيجية طينية ذات انحدار 0.5% ورغب المزارع بتنصيب منظومة ري بالتنقيط لمساحة هكتار واحد مزروع باشجار الحمضيات

1- تحليل البيانات الاساسية Analysis of Basic Data

$$\text{عدد النباتات} = \frac{\text{المساحة الكلية}}{\text{المسافة بين الاشجار}}$$

المساحة 1 هكتار = 10000 م^2

المسافة الموصى بها لاشجار الحمضيات هي 6 م × 6 م

عدد النباتات = $\frac{10000}{36}$ =277 نبات

2- تقدير الاحتياجات المائية Estimation of Water Requirement

التبخر – نتح للمحصول يمكن تقديره بطريقة حوض التبخر

$$ET_0 = E_p \times K_p$$

اذ ان :-

ET_0 :- التبخر – نتح المرجعي او التبخر – نتح الكامن (ملم)

E_p :- التبخر من حوض التبخر (ملم)

K_p :- معامل الحوض

$$ET_{crop} = ET_0 \times K_p$$

اذ ان :-

ET_{crop} :- النتح – تبخر للمحصول و K_C معامل المحصول

K_C معامل المحصول لنباتات الحمضيات مكتمل النمو هو 1.0 والاحتياجات المائية لكل مساحة نبات واحد × المساحة المبتلة .

الاحتياجات المائية للحقل كله = المساحة للنبات الواحد × المساحة المبتلة × عدد النباتات

المساحة المبتلة للمساحة الواسعة التي يشغلها النبات هي 0.3 م^2 وللمساحة الضيقة 0.7 م^2 في هذا المثال فان التبخر الشهري الاعتيادي من الحوض والاحتياجات المائية للشجرة الواحدة وللهكتار من الحمضيات تم حسابها كما في المعادلة اعلاه وتم توضيحها في جدول (25.9) ولكي تصمم منظومة الري بالتنقيط لاقصى الاحتياجات المائية التدويرية تصل الى 16.7 م^3 / يوم / هكتار .

3- اختيار المنقطات Selection of Emitters :- بالاعتماد على نوع المنقط والتصريف المطلوب فان عدد المنقطات يمكن حسابها . معدل تصريف الماء خلال المنقط يكون اعتياديا بين 1 الى 4 لتر / ساعة خلال معدل تصريف المنقط للمنقطات الذي يكون 15 الى20 لتر / ساعة وان معدل اضافة الماء خلال المنقطات ليكون اقل من معدل الغيض للتربة . عدد المنقطات في وحدة المساحة يعتمد على مسافة النباتات .خصائص التربة ، تطور الجذور وتصريف المنقط . عدد المنقطات للنبات الواحد يكون اقل في المراحل الاولى ويزداد بزيادة نمو الاشجار . الانابيب الجانبية تلتف حول حوض الشجرة ذلك لنصب مزيدا من المنقطات لكل نبات . الري بالتنقيط يتم تشغيله يوميا او 3 – 4 مرات اسبوعيا . لتفترض ان معدل التصريف ولاي منقط ولنقل 3.5 لتر / ساعة. ان ماء الري يعطي لمدة 5 ساعات يوميا وان اقصى احتياج مائي هو 60 لتر/ يوم وعندها فان عدد المنقطات التي تحتاجه لكل نبات نستطيع حسابه .

جدول 25.9 .التبخر الشهري واليومي الاعتياديان ومتطلبات الماء اليومية للحمضيات في احدى المناطق الواقعة في الهند

الشهر	تبخر الحوض الشهري الاعتيادي (ملم)	تبخر الحوض اليومي الاعتيادي (ملم)	الاحتياجات المائية للحمضيات	
			لتر / يوم / نبات	$م^3$ / يوم / هكتار
كانون ثاني	99.2	3.2	24	6.6
شباط	119.6	4.2	32	8.9
اذار	176.3	5.7	43	11.9
نيسان	210.2	7.0	53	14.7
مايس	245.4	7.9	60	16.7
حزيران	198.8	6.6	50	13.9
تموز	145.6	4.6	35	9.7
اب	174.6	4.3	32	8.9
ايلول	134.6	4.5	34	9.4
تشرين اول	144.6	4.7	35	9.7
تشرين ثاني	122.2	4.1	31	8.6
كانون اول	94.4	3.0	28	6.4
الكلي			457	125.4

معدل الحاجة للتوزيع للساعة = $\frac{60}{5}$ = 12 لتر / ساعة / نبات

عدد المنقطات للنبات = $\frac{\text{معدل التوزيع المطلوب}}{\text{معدل التصريف لكل منقط}}$ = $\frac{12}{3.5}$ = 3.4 ولنقل 4 منقطات لكل نبات

ولنفرض ان الحقل مربع (100 م × 100 م) عند ذاك فان طول الخط الرئيسي والجانبي يكونا 100 متر لكل منهما وبما ان المساحة التي يشغلها النبات الواحد هي 6 م × 6 م فان العدد الكلي للانابيب الجانبية المطلوة هو 17 وكل جانبي يعمل على خدمة 16 نبات وعند ذاك فان 4 منقطات لكل نبات وان عدد المنقطات للانبوب الجانبي الواحد هي 6 × 16 = 64 .

4- الخط الرئيسي Main Line :- يصمم الخط الرئيسي لايصال اقصى تصريف مطلوب للعدد الكلي للنباتات في الحقل .

اقصى تصريف مطلوب = عدد النباتات × اعلى حد للتصريف / نبات

= 278 × 12 = 3.336 لتر / ساعة

= 0.93 لتر / دقيقة ولنقل 1 لتر / دقيقة .

كما ان تصميم الخط الرئيسي كذلك يعتمد على الضغط المطلوب قرب النهاية للجانبيات واقصى فقط بالاحتكاك في تلك النقطة . الفقد بالاحتكاك الناتج عن الصمامات ، الموصلات ، الرافعات .... الخ . يجب اضافته . الفقد نتيجة الاحتكاك الناجم عن الرفع في الخط الرئيسي يمكن حسابه بوساطة معادلة Hazen – Williams .

$$Hf = 10.68 \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times D^{-4.87} \times (L + Le)$$

اذ ان :-

Hf = الفقد نتيجة الاحتكاك في الانبوب (م)

Q = التصريف (م^3 / ثانية)

C = ثابت Hazen – William (140 لكل انبوب PVC)

D = القطر الداخلي للانبوب (م)

L = طول الانبوب (م)

L_e = مكافئ طول الانبوب والملحقات (م)

فقد الاحتكاك نتيجة رفع الماء لقطار ومعدلات تصريف مختلفة والمعطاة في جدول (26.9)

جدول 26.9. الفقد بالاحتكاك للرفع بالانابيب ولمعدلات جريان مختلفة

معدل الجريان	القطر الداخلي للانبوب (ملم)						
	9.2	11.7	12.7	13.9	15.8	18.0	19.0
200	10.2	5.2	2.5	1.7	0.8	0.4	0.3
400	39.2	18.0	8.6	5.7	2.7	1.6	1.1
600		39.0	18.0	13.0	5.9	3.2	2.5
800			30.0	21.0	10.0	5.5	4.1
1000			45.0	30.0	16.0	8.3	6.2
1200				42.0	21.0	11.0	8.8
1400				56.0	28.0	16.0	11.0
1600					36.0	20.0	15.0
1800					45.0	25.0	19.0
2000					54.0	30.0	23.0

يتم حساب فقد الاحتكاك نتيجة رفع الماء بالانبوب كماياتي :-

الطول الكلي للانبوب = 100.00 م

مكافئ الطول من 17 توصيله مستقيمة = 8.5 م

مكافئ الطول لوصلات التوصيل المتفرعة والثنيات .... الخ = 6.0

المجموع الكلي 114.5 ولنقل 115 م

من جدول (27.9) يمكن ملاحظة ان لتصريف 1 لتر خلال الانبوب ولقطر 40 ملم فان فقد الاحتكاك سيكون 2 م / 100 م طول او 2.3 م لكل 115 م مكافئ طول .

فقد احتكاك رفع الماء = 2.3 × معامل الانعكاس (0.88)

= 2.3 × 0.88 = 2.20 م

وعلى فرض ان النظام المستعمل ذو فتحات عدة ، فقد الاحتكاك يؤخذ على انه $\frac{1}{3}$ فقد الاحتكاك الكلي اي انه $\frac{2.03}{3}$ = 0.67 م وهكذا فان الفقد الرئيسيات يكون ضمن 1.0 م / 100 م ولذلك فان الانبوب ذا القطر (40 ملم) يكون مثاليا للتطبيق والاستعمال .

جدول 27.9. مكافئ مقاومة الجريان في الانابيب المناسبة

حجم الانبوب (ملم)	العكس الرابط	الطول المكافئ (م)			
		انحناء (K_s = 0.12)	التوصيلة المتفرعة الثلاثية (K_s = 0.4)	صمام التحكم (K_s = 0.4)	تدفق الصمام اللارجعي (K_s = 0.4)
25	0.536	0.396	0.704	0.077	2.04
40	0.997	0.569	1.131	0.142	3.05
50	1.296	0.741	1.704	0.185	3.96
65	1.814	1.037	2.384	0.259	5.18
80	2.241	1.281	2.946	0.320	6.10
100	2.959	1.691	3.889	0.422	8.23
125	4.037	2.307	5.306	0.576	10.00
150	5.125	2.428	6.735	0.732	12.00

5- الجانبيات Laterals :- يتم اختيار الجانبيات اذ يكون فرق الضغط من النهاية المتقاربة الى المنقط الاخير بحيث لا يزيد عن 10% من رفع التشغيل الاعتيادي والذي هو في الحالة الحالية يكون 4 م . اقصى تغاير مسموح به في فقد الاحتكاك في الانبوب هو (10 / 100) × 4 = 0.4 م للجانبي ذات طول 100 م .انحدار الارض يكون 0.5 م / 100 وهكذا فان فقد الاحتكاك الكلي المسموح به يكون 0.5 + 0.4 = 0.9 م وفضلا عن فقد الاحتكاك نتيجة لطول الانبوب الجانبي البالغ

100 م فهناك فقد اضافي نتيجة وجود التوصيلات وهذه تؤخذ بشكل عام من 0.1 الى 1.0 م (معدل 0.5) من الطول المكافئ لاي منقط . الطول المكافئ لـ 64 منقط ستكون 64 × 0.5 = 32 م وهذا فان الطول المكافئ الكلي لحساب فقد الاحتكاك في الجانبيات سيكون 132 م . الجريان الكلي في الجانبيات يكون 224 لتر / ساعة (3.5 × 64) ولمعدل جريان 200 لتر / ساعة فان فقد الاحتكاك في الانبوب ذات القطر الداخلي 13.9 ملم يكون 1.7 / 100 م طول ولذلك في 132 م طول سيكون 2.24 م وكممارسة عامة فان فقد الاحتكاك يؤخذ عند $\frac{1}{3}$ من الطول المكافئ الكلي للانابيب ذات المنقطات المتعددة التوصيلات وهكذا فان فقد الاحتكاك يستخرج من $\frac{1}{3} \times 2.224 = 0.728$ م والذي يكون ضمن الحد الاقصى المسموح به وهو 0.9 م ولذلك فان 14 ملم (القطر الخارجي) للانبوب الجانبي ذات الطول 100 م قد اقترح في هذا المخطط . ان فقد الاحتكاك في الانابيب الدقيقة لا تحتاج لتؤخذ بنظر الاعتبار على انها اقل من 4 م رفع هي تحدد ضمن فقد الاحتكاك .

6- مقدرة مجموع الضخ Capacity of Pumpset :- القوة الحصانية لمجموعة الضخ المطلوبة على اساس تصميم التصريف والرفع التشغيلي الكلي . الرفع الكلي هو مجموع الرفع الثابت الكلي وفقد الاحتكاك في النظام .

الرفع الثابت الكلي هو المجموع الكلي لما ياتي :

عمق الماء (تحت مستوى الارض) = 15 م

الحركة الى الاسفل (Drawdown) = 3 م

مستوى المنفذ فوق مستوى الارض = 1 م

فقد الاحتكاك بالانابيب والتوصيلات والصمامات = 2 م

الكلي = 21 م

فقد الاحتكاك الكلي في وحدة التنقيط يكون كما ياتي :

فقد الاحتكاك في الانبوب الرئيس = 0.67 م

فقد الاحتكاك في الانابيب الجانبية = 0.75 م

اقل رفع مطلوب فوق المنقطات = 4.00 م

الكلي = 5.42 م

الرفع الكلي = الرفع الثابت + فقد احتكاك الرفع

= 21.0 + 5.42 = 26.72 ولنقل 27

القوة الحصانية لمجموعة الضخ = $\frac{Q \times H}{75 \times E}$

اذ ان :-

Q :- التصريف (لتر / ثانية)

H :- الرفع (م)

E :- كفاءة الضخ (0.6)

القوة الحصانية المطلوبة (HP) = $\frac{1 \times 27}{75 \times 0.6}$ = 0.66 ولنقل حصان واحد

السيطرة على انسدادات منظومة الري بالتنقيط

Control of Drip System Clogging

ان مشكلة الري بالتنقيط الرئيسية هي الانسدادات التي تحصل في اجزاء المنظومة بوساطة الدقائق الكيميائية والمواد الاحيائية . تعد منظومة الري بالتنقيط ذا معدل جريان بطئ ممر دقيق للماء . هذا الممر يتعرض للانسداد بسهولة بوساطة المواد العضوية والكيميائية التي يحملها ماء الري وبوساطة الترسبات الكيميائية والاحيائية التي تنمو وتتطور في المنظومة وللانسداد تاثير عكسي على معدل اضافة الماء وتجانس توزيع الماء ويرفع الكلف التشغيلية . ان المسببات الرئيسية للانسدادت يوضحها الجدول (28.9) .

جدول 28.9 . العوامل الفيزيائية والكيميائية والاحيائية المسببة لانسداد منظومة الري بالتنقيط

الفيزيائية (الدقائق العالقة)	الكيميائية (الرواسب)	الاحيائية (البكتريا والطحالب)
1- العضوية أ- الكتل ، النباتات المائية والطحالب ب-الاسماك والضفادع	أ- كاربونات الكالسيوم	أ- الخيطيات . ب-الغرويات الحيوانية ت-الرواسب الاحيائية
2- غير العضوية الرمل ، الطين ، الغرين	ب-كبريتات المغنسيوم	
	جـ- المعادن الثقيلة ، الهيدروكسيدات ، الاكاسيد ، الكاربونات ، السيليكات ، الكبريتات	
	د- الاسمدة ، الفوسفات ، الامونيا المائية ، الحديد ، الزنك ، النحاس ، المنغنيز ، الكبريت	

تمتاز دقائق الرمل والغرين والطين والحتات بكبر حجمها لكي تمر من خلال الفتحات الصغيرة للمرشحات والمنقطات . دقائق الغرين والطين غالبا ما تترسب في المناطق التي تكون فيها سرعة الجريان بطيئة في الجانبيات .

الرواسب تتكون في منظومة التنقيط وعلى السطح الخارجي للمنقطات نتيجة وجود املاح ذائبة في مياه الري . الرواسب تتكون في بعض الاحيان من بعض انواع الاسمدة والكيميائيات الاخرى المارة من خلال المنظومة كما ان النمو السريع للبكتريا والطحالب يحدث في منظومة التنقيط عندما تكون الظروف السائدة مناسبة لنموها .

الدقائق المعلقة العضوية وغير العضوية يمكن ازالتها باستعمال احواض الترسيب او مرشحات الماء وغسل المرشحات والخطوط الرئيسية والجانبية والمنقطات غسلا جيدا وبشكل دوري . حقن الحوامض والمؤكسدات ومبيدات الطحالب ومبيدات البكتريا ذلك للسيطرة على عملية انسداد المنظومة نتيجة الكيميائيات والمواد الاحيائية المسببة لذلك . عملية الترشيح تزيل الدقائق ، مرشحات الرمل تزيل الدقائق العالقة التي تكون حجمها اكثر من 20 ملي مايكرون الى 100 ملي مايكرون . مرشح الحجب تعمل على ازالة الدقائق العالقة ذات الحجم اكثر من 100 الى 150 ملي مايكرون . يتم تنظيف المرشحات لازالة المواد المتراكمة على سطحها في مسامات مادة المرشح وهذه يمكن تحقيقها من خلال جريان عكسي للماء خلال المرشح والعمل على تصريف الماء الى الخارج للتخلص من المواد المغسولة وتسمى عملية الغسيل الرجعي ويتم اجراؤها عندما يكون هبوط الضغط قد زاد عن 70 كيلو باسكال وعادة ماتكون غسلة واحدة كل شهر كافية .

يستعمل الكلورين الذي يكون بهيئة مسحوق قاصر للسيطرة على الطحالب والبكتريا . اذ يذوب المسحوق القاصر في الماء ويتم حقن المحلول في المنظومة لمدة ثلاثين دقيقة ومن ثم تغلق المنظومة لمدة 24 ساعة وبعد 24 ساعة في النهايات الجانبية تفتح صمامات لغسل لخروج ماء الغسل الى ان يبدا ماء صافي بالخروج . حامض الهيدروكلوريك النقي (36%) ذات التركيز 0.5 الى 0.2 % يتم امراره بالمنظومة لمدة 10 دقائق لازالة الرواسب وتستعمل المعالجة بالحامض عندما تكون هناك زيادة من ايونات الكالسيوم والمغنسيوم في مياه الري . حامض الكبريتيك وحامض الهيدروكلوريك يتم حقنها مرة واحدة كل 15 يوم لتقليل الرواسب الكيميائية . المعالجات الكيميائية للماء بين الحين واخر باستعمال هايبوكلورات الصوديوم بتركيز 500 جزء بالمليون تساعد في ازالة انسداد المنقطات ويتم كذلك غسل الانابيب تحت الرئيسية دوريا بوساطة ازالة سدادات النهايات .

فوائد الري بالتنقيط Benefits of Drip Irrigation

يؤدي الري بالتنقيط الى حفظ الماء (تقنين الماء المستعمل في الري) مع زيادة كبيرة في حاصل محاصيل عدة اذ تتراوح الزيادة في حاصل المحاصيل من 20% الى 100% ولقد وجد اعلى زيادة في الحاصل 100% مع محصول الموز و 40- 50% مع قصب السكر وحوالي 25% مع القطن كما ان حفظ الماء زاد بمعدل 40 الى 70% عن الري بالطرق التقليدية . كمية الماء التي يمكن حفظها تعتمد على المحصول والتربة والظروف المحيطة ، ان الاسباب الرئيسية لعدم حفظ المياه في الري السطحي هو غياب وسائل نقل المياه الكفوءة والفقد بالجريان السطحي . تقليل التبخر نتيجة لتقليل المساحة المرطبة وتقليل البزل العميق او انعدامه ان الري بالتنقيط يوفر فرصة مناسبة لتشجيع نمو النبات والحاصل وهو يوفر كمية كافية من المياه على طول موسم النمو عكس الطرق الاخرى التي تمتاز بتذبذب رطوبة التربة بين السعة الحقلية في الايام الاولى من الري وتعرض التربة الى الجفاف قبل الرية اللاحقة كما ان النمط الدوري المائي للجهد المائي للتربة والجذور والورقة يختلف خلال احداث ريتين متتاليتين فالجهد المائي للورقة ينخفض من 0 الى -20 ميكاباسكال خلال 5 ايام بعد الري كما ان الجهد المائي للجذور ينخفض في وسط النهار ويرجع الى وضعه الطبيعي في المساء فضلا عن ان تذبذب الجهد المائي للورقة يكون عالي جدا .

المحتوى المائي للاوراق ينخفض عند منتصف النهار ويعود امتلاء الخلايا للاوراق بعد المساء في مستهل النهار الا انه بتقدم النهار فان عودة الانتفاخ للخلايا يتاخر الى المساء وخلال خمسة ايام فان الجهد المائي للورقة يهبط الى ما تحت نقطة الذبول ولايعود الانتفاخ كاملا مرة اخرى حتى في الليل اما في حالة الري بالتنقيط فان محتوى رطوبة التربة يكون قريبا من السعة الحقلية والاوراق تعود الى انتفاخها بالمساء لتستمر في التركيب الضوئي عند معدل الجهد المطلوب . الري بالتنقيط يكون افضل في الترب المالحة . المياه المالحة يمكن استعمالها مع الري بالتنقيط . المياه ذات

النوعية الرديئة يمكن استعمالها مع الري بالتنقيط لارواء بعض المحاصيل مثل القطن والذرة البيضاء .

من المسارات الشائعة الاستعمال في تصميم منظومة الري بالتنقيط هي اعتماد نسجة التربة لتاشير وتحديد القيم والمسافات للمنقطات للانابيب الجانبية ، فعلى سبيل المثال 0.4 م مسافة بين المنقطات يوصى بيها للتربة الرملية و 0.6 م للترب الاخرى ذلك للمحاصيل ذات المسافات المتقاربة . تركيب التربة كذلك له تاثير على جريان الماء لذلك لا ينصح عند وضع التصميم الاعتماد على نسجة التربة فقط . جدولة الري بالتنقيط يمكن ان تكون على اساس 60 الى 100 % من تبخر الحوض وبالاعتماد على جاهزية الماء في كل يوم او تناوب الايام . يعمل الري بالتنقيط على تقليل خطر ملوحة التربة على النبات نتيجة للة تركيز الملح لان الماء الجاهز يكون بنسبة عالية وبشكل دائمي . انتشار الادغال يكون اقل مع الري بالتنقيط لان مساحة قليلة يتم ترطيبها من الارض (حول المنقط) ونتيجة لهذه الصفة للري بالتنقيط فان تغطية لمحصول للتربة سيكون سريعا . مدة استعمال منظومة الري بالتنقيط تمتد من سنة الى اربع سنوات وذلك اعتمادا على المحصول وتحت ظروف معينة يمكن ان يكون عمر المنظومة عشر سنوات تقريبا .

ان العائدات المتحصل عليها نتيجة استعمال الري بالتنقيط تكون عالية بالمقارنة مع الطرائق الاعتيادية (الري السطحي) والري بالرش . لقد وجد ان كمية الماء التي تعطى للشجرة الواحدة في بستان للفكهة كانت 70 لتر يوميا مقابل 900 لتر اسبوعيا بطريقة الغمر وهذا ما انعكس بزيادة مقدارها 11% في الحاصل وزيادة نسبة العائدات بمقدار 11.8% في حالة لاحد هجن القطن وقد وجد ان الكمية التي تكفي لري هكتارين من القطن باستعمال الري بالتنقيط لا تكفي سوى 0.6 هكتار باستعمال الري التقليدي .

في دراسة على محصول قصب السكر في الهند قورنت فيها طريقتي الري بالتنقيط والمروز وقد وجد ان نسبة الحفظ في المياه بلغت 32 الى 46% و 25% في النيتروجين وزيادة نسبة الحاصل بلغت 22 – 31 % وذلك عن طريق ري المروز .

وطبقا لما ورد في جميع الدراسات لسابقة يتبين ان الري بالتنقيط ذات اهمية اقتصادية ويحقق حفظ في المياه الاسمدة وزيادة في الحاصل ويقلل عمليات التملح وانتشار الادغال والامراض .

اما مساوئ الري بالتنقيط هي :-

1- كلف ابتدائية عالية .
2- تقييد انتشار جذور النباتات في التربة .
3- يحتاج الى مستويات عليا للتصميم والادارة والادامة .
4- انسداد المنظومة وخاصة المنقطات

الري بالنفث الدقيق Microjet Irrigation

في هذه الطريقة يتم نفث الماء تحت ضغط يقترب من 1 بار وهكذا يتم النفث من مسافة من 1 الى 4 م مع تحقيق مساحة كبيرة مرطبة من الارض . ان تصريف الماء من قبل المنفثات هو من 5 الى 160 لتر / ساعة وهكذا فان كمية اعلى متحقق مقارنة بالري بالتنقيط وبالاعتماد على التصميم وضغط التشغيل فان النفث الدقيق تنتج رذاذا ناعما او خشنا ذلك باختلاف درجة الترذيذ لمنفثات الماء واختلاف حجم القطيرات .

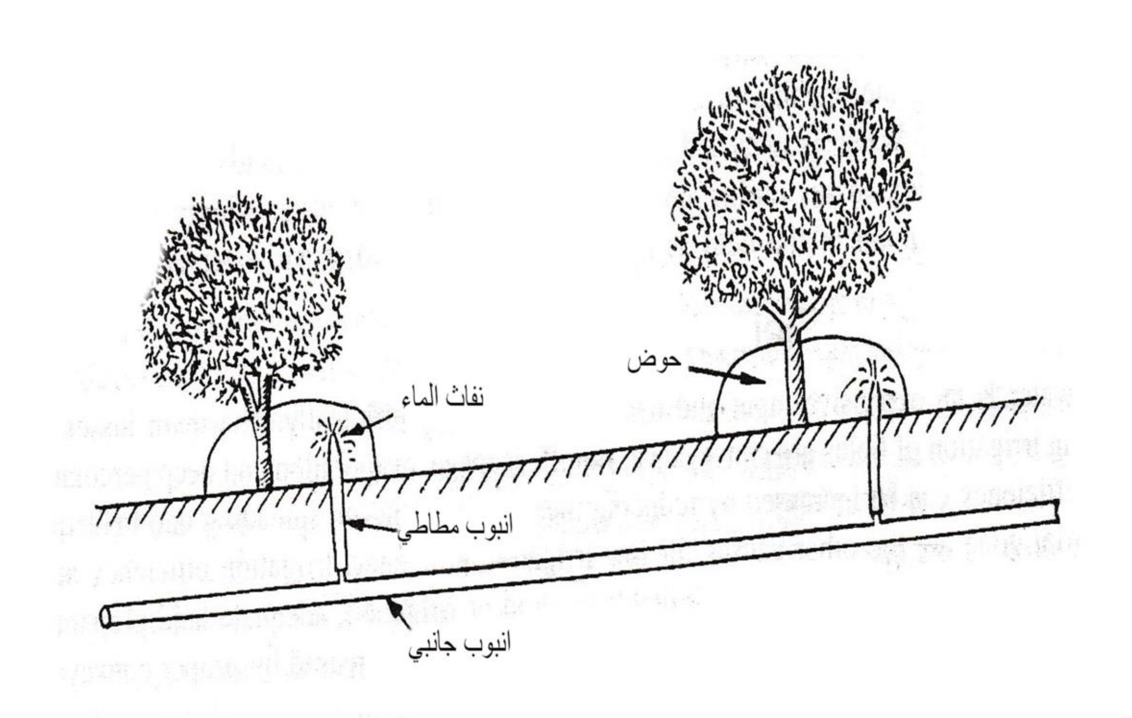
الري بالرش الدقيق Microprinker Irrigation

ان اغلبية الوسائل التي تستعمل لتوزيع مياه الري والتي تباع في الاسواق تكون مصممة لمرشات دقيقة او صغيرة وذلك بتصنيعها بطريقة مختلفة عن النفاثات الدقيقة

ذلك ان توزيع الماء بوساطة الحركة وغالبا ماتكون حركة دورانية اذ ان اجزاء ينجم عنها حركة دورانية لمنفذ الماء . ان المرشات الدقيقة تختلف بوضوح عن تلك التي يتداولها الزبائن من المرشات المستعملة للري والتي توزيع اكثر من 1000 لتر / ساعة وتشتغل تحت ضغط يزيد عن 2.5 بار وتنثر الماء بمسافة تزيد عن 10 م . التصريف في منظومات الري بالرش الدقيق عادة يكون متغير من 28 الى 223 لتر / ساعة والضغط التشغيلي لها 0.8 الى 4 م . النفاثات الدقيقة المفردة قادرة على ترطيب اكبر قدر من الارض كمساحة منه الى العمق . من مساوئ الري بالتنقيط والنفث الدقيق هي التي قادت الى ايجاد الرش الدقيق اذ ان هذه الاخيرة مناسبة لري اشجار الغابات .

الري الفقاعي Bubbler Irrigation

يعد الري الفقاعي نظام ري حديث نسبيا وهو مصمم لتقليل متطلبات الطاقة من خلال عدم ارتفاع ثمنه ويكون ذات جدران رقيقة وهو عبارة عن انابيب بلاستيكية مموجة ذات قطر يناسب ضغط رفع منخفض من سطح قناة وكما في الشكل (15.9) . ان مساوئ الري بالتنقيط مثل الاستهلاك العالي للطاقة لضخ الماء مع ضغط لتوزيع الماء فضلا عن الانسدادات التي تحصل للمنقطات والاضرار التي تصيب المرشحات كلها يتم تلافيها في هذه المنظومة . في هذه المنظومة وكما واضح في الشكل (15.9) فان الانابيب الجانبية المدفونة في التربة يرتفع منها انابيب عمودية مفتوحة ذات قطر 1 الى 3 سم وهذه الانابيب المرتفع عموديا يتم تثبيتها الى قواعد او موصلات ويتم ضبط ارتفاعها لتقوم بتوزيع الماء بالمعدل المطلوب . فقاعات الماء تخرج من الانابيب العمودية المفتوحة . نظام الفقاعات يمكن استعماله لري المحاصيل ذات المسافات الواسعة مثل المانكا والحمضيات والتفاحيات .... الخ .



شكل 17.9 .الري الفقاعي

كفاءة الري Irrigation Efficiency

تعد مياه الري مدخلا اقتصاديا غالي الثمن لذا يجب ان تستعمل بكفاءة عالية . يحصل فقد في مياه الري خلال عملية نقل المياه من المصدر الى الحقل او خلال الحقل وتحدث عملية الفقد اما نتيجة التبخر او الرشح الجانبي او الجريان السطحي او البزل العميق لذا فان زيادة كفاءة الري تتم من خلال تقليل تلك الفواقد . كما ان عدم استواء توزيع وعدم كفاية امتلاء المنطقة الجذرية تعد من اسباب انخفاض كفاءة الري . ان كفاءة الري على مستوى الحقل يمكن زيادتها من خلال اعتماد الطريقة المناسبة للري واعداد الارض بشكل جيد وتدريب القائم بعملية الارواء . وفي مستوى المشروع يمكن زيادة كفاءة الري من خلال ضبط عمليات التشغيل والنقل ونظام التوزيع الحقلي .

كفاءة الري هي نسبة وغالبا ما يعبر عنها كنسبة مئوية من حجم مياه الري المنتوحة من قبل النبات مضافا اليه المياه التي تبخرت من التربة ومضافا اليها المياه

المهمة لتنظيم مستوى تركيز الاملاح في محلول التربة فضلا عما تستعمله النبات في بناء انسجته كل هذه الى حجم الماء الموزع والمخزون والذي ضخ للري

$$Ei = \frac{Wt+Ws+Re}{Wi} \times 100$$

اذ ان :-

Ei :- كفاءة الري (%)

Wt :- حجم ماء الري لكل وحدة من مساحة الارض الذي تم نتحه من قبل النبات والمتبخر من التربة خلال مدة وجود المحصول (تتضمن كذلك عمليات تحضير الحقل والشتال)

Ws :- حجم ماء الري لكل وحدة مساحة من الارض لموازنة تركيز الاملاح في محلول التربة

Re :- المطر الفعال

Wi :- حجم الماء لكل وحدة مساحة من الارض والذي خزن في الحواجز او وزع للري .

كفاءة الري تشير الى الكيفية والدقة التي استعمل فيها ماء الري وتعد كفاءة استعمال الماء في مشاريع الري العراقية منخفضة جدا فهي لاتتجاوز 20 – 25 % .

كفاءة النقل Conveyance Efficiency

تشير الى الكفاءة التي يتم فيها نقل الماء من مصدر التجهيز الى الحقل وهي تقدر ضائعات النقل ويعبر عنها كما ياتي :-

$$Ec = \frac{Wp}{Ws} \times 100$$

اذ ان :-

Ec = كفاءة نقل الماء (%)

Wp = الماء الواصل في الحقل

Ws = الماء الذي تم ضخه من المصدر

كفاءة اضافة الماء Water Application Efficiency

يحصل فقدان الماء عند اضافته الى الحقل من خلال الجريان السطحي والبزل العميق . الجريان السطحي يحدث في المروز الطويلة او الشرائط الحافية الطويلة وعندما تكون الثنيات الحافية ضعيفة اذ ينتقل الماء من لوح الى اخر نتيجة لضعف الاكتاف التي من المفترض ان تصد الماء داخل اللوح او الشريط اذ يتجمع الماء احيانا بكميات كبيرة مما يؤدي الى كسر الحواجز .

في المروز الطويلة فان الماء يستغرق وقتا طويلا من بداية المرز لكي يصل الى النهاية الاخيرة للمرز وهذا ما يسبب فقدان الماء نتيجة غوره الى الاسفل وبما يسمى البزل العميق وخاصة في مسافة الربع الاول من المرز . ان كفاءة اضافة الماء تقيس كفاءة ذلك الماء الذي تم خزنه في منطقة الجذور

$$\textbf{كفاءة اضافة الماء} = \frac{\text{الماء المخزون في المنطقة الجذرية}}{\text{الماء الواصل الى الحقل}} \times \mathbf{100}$$

كفاءة خزن الماء Water Storage Efficiency

هذا المعيار يحسب فيما اذا كانت كمية الماء ضرورية للمحصول التي تم خزنها في منطقة الجذور ام لا ويعبر عنها كنسبة مئوية من الماء المطلوب في المنطقة الجذرية قبل الري الى ذلك الذي تم خزنه في المنطقة الجذرية قبل الري الى ذلك الذي تم خزنه في المنطقة الجذرية خلال الري .

$$\text{كفاءة خزن الماء} = \frac{\text{الماء المخزون في المنطقة الجذرية}}{\text{الماء المطلوب في منطقة اجذور}} \times 100$$

كفاءة توزيع الماء Water Distribution Efficiency

تعرف كفاءة توزيع الماء على انها نسبة مئوية من الفرق بين النسبة الموحدة بين متوسط الانحراف العددي عن متوسط عمق المخزون خلال الري . تشير كفاءة توزيع الماء الى تجانس توزيع الماء على كل المنطقة الجذرية لمساحة الحقل

$$\text{كفاءة توزيع الماء} = 1 - [\frac{Y}{d}] \times 100$$

اذ ان :-

d :- متوسط العمق النافذ على طول خط الجريان خلال الري

y :- متوسط الانحراف الرقمي عن d

كفاءة استعمال الماء Water Use Efficiency

تعرف على انها حاصل المحصول القابل للتسويق لكل وحدة ماء مستعملة في التبخر – نتح . وتسمى ايضا انتاجية وحدة الماء (Water Productivity) .

$$\textbf{WUE} = \frac{Y}{ET}$$

اذ ان :-

WUE :- كفاءة استعمال الماء

Y :- الحاصل القابل للتسويق (كغم / هكتار)

ET :- التبخر – نتح (ملم)

اذا كان الحاصل نسبة الى التبخر – نتح فان كفاءة استعمال الماء ستكون ثابتة لكنها ليست كذلك في الحقيقة فالحاصل يتاثر كثيرا بالممارسات الحقلية المتبعة للمحصول اما التبخر – نتح فهو يعتمد على ظروف المناخ و رطوبة التربة . التسميد وممارسات حقلية اخرى التي تمارس للحصول على حاصل عالي فانها تعمل على زيادة WUE لانها تسبب نسبة زيادة في الحاصل اكثر من الماء المستعمل من قبل المحصول كذلك ان اية زيادة في استعمال الماء ترافق زيادة الاسمدة فان الكفاءة تكون ليست ذات قيمة . حاصل المحصول الاقتصادي يمكن زيادته كذلك باتباع اساليب وطرائق ري علمية و دقيقة والسيطرة على عدم زيادة ET . اذ انه تحت ظروف مثالية لتجهيز الماء فان ET لا يعتمد على طبيعة الخيمة النباتية اذا كانت التربة المجهزة بالماء مغطاة تماما بالمحصول .

ان زيادة الخيمة النباتية لا توثر على ET او ذات تاثير قليل وقد لوحظ ان اي ممارسة حقلية تزيد من نمو النبات وحصول زيادة في كفاءة استعمال اشعة الشمس في التركيب الضوئي وبدون ان تسبب زيادة واضحة في ET فانها بلا شك ستعمل على زيادة WUE .

العوامل المؤثرة في كفاءة استعمال الماء Factors Affecting WUE

طبيعة النبات Nature of Plant

هناك اختلافات جديرة بالاعتبار بين الانواع النباتية في انتاج وحدة مادة جافة لكل وحدة ماء مستعملة مما ينجم عن ذلك اختلافات في قيم استعمال الماء بين تلك الانواع وكما في الجدول (29.9) ادناه

جدول 29.9. كفاءات استعمال المياه لمحاصيل مختلفة (ماخوذة عن Ready ، 2010)

المحصول	الاحتياجات المائية (ملم)	حاصل الحبوب كغم / هـ	كفاءة استعمال الماء كغم / هـ ملم
رز	2.000	6.000	3.0
ذرة بيضاء	500	4.500	9.0
دخن لؤلؤي	500	4.000	8.0
ذرة صفراء	625	5.000	8.0
فستق الحقل	506	4680	9.2
حنطة	280	3534	12.6
دخن اصبعي	310	4.137	13.4

هناك كذلك فروقات بين الاصناف في WUE للمحصول نفسه لذا فان اختيار المحاصيل المتكيفة ذات السلوك الجذري الجيد ومعدلات نتح واطئة وتمتاز بمقدرتها على تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كيميائية ففي هذه الحالة تزداد WUE .

الظروف المناخية Climate Conditions

يؤثر الجو في كلا من الحاصل والتبخر – نتح . ان السيطرة على الظروف الجوية الى حدود كبيرة غير ممكنة اذ يمكن استغلال الظروف المناخية لصالح نمو المحصول من خلال مواعيد الزراعة او طرائق الزراعة او الكثافات النباتية .... الخ . الا ان تغايرات الحاصل قد تصل الى 70% نتيجة تغير الظروف المناخية وهذا ما ينعكس في قيم متغيرة للـ WUE . اما التبخر – نتح (ET) فيمكن تقليله من خلال

ممارسات حقلية مثل نمط الحراثة والتغطية او استعمال مواد مضادة للنتح (anti- transpiration) او مواد حافظة للرطوبة (Moisture conservatocs)....... الخ ، الا انها قد تكون غير اقتصادية وغير عملية . تعد عملية مكافحة الادغال اكثر الممارسات تاثيرا في تقليل فقد الماء بالتبخر – نتح وزيادة كمية الماء الجاهزة للمحصول وبذلك تزداد WUE .

الاسمدة Fertilizers

الري يكون مطلوبا بدرجة كبيرة للمغذيات النباتية اذ ان المغذيات تكون باعلى جاهزية لاغلب المحاصيل عندما يكون شد الماء منخفضا . لذا فان وجود كميات كافية من مياه الري يعمل على زيادة الحاصل عند اضافة الاسمدة الكيميائية . الماء يعمل على اذابة الاسمدة واطلاق الايونات السمادية الى محلول التربة لتصبح جاهزة للنبات وهكذا يزداد الحاصل مما يسبب زيادة كفاءة استعمال الماء (WUE) .

الكثافة النباتية Plant Populations

الحاصل الكامن العالي يمكن الحصول عليه باتباع نظام ري مناسب وخصوبة التربة يمكن زيادتها باستعمال الاسمدة كما ان استعمال الاصناف والهجن ذات الحاصل العالي وهكذا فان الحاصل الكامن الذي نريد الوصول اليه من هذه الممارسات لايمكن تحقيقه الا عندما نعمل على ضبط الكثافة النباتية وهكذا فان اعلى كفاءة استعمال الماء تكون محتملة فقط من خلال مستويات مثالية لرطوبة التربة والكثافة النباتية والتسميد فضلا عن استعمال التراكيب الوراثية المناسبة .

صلاحية الماء للري Suitability of Water for Irrigation

تحوي مياه الري على ملوثات مختلفة الانواع والتراكيز لذا فان نوعية مياه الري تعتمد على نوع وتركيز الاملاح الموجودة في تلك المياه . ومن الاملاح التي تتواجد عادة في مياه الري الكالسيوم ، المغنسيوم و الصوديوم كايونات موجبة والكلوريد والكبريتات والبايكاربونات كايونات سالبة . ومن الايونات الاخرى الموجودة بكميات قليلة البورون ، السيلنيوم ، المولبيدينيوم ، والفلورين التي تسبب ضررا للحيوانات التي تتغذي على النباتات النامية تحت تركيز عالي من تلك الايونات. لقد وصفت نوعية المياه بمعايير ثلاثة هي :-

1- التركيز الكلي للاملاح (Total Salt Concentration (TSC

2 - نسبه الصوديوم الممدص (Sodium Adsorption Ration (SAR

3- محتوى البورون والبايكاربونات (Bicarbonate and Boron Content (Band BC

1 - التركيز الكلي للاملاح (TSC) :- يقاس التركيز الكلي للاملاح على مياه الري من خلال قياس الايصالية الكهربائية (EC) . واعتياديا فان المياه المحتوية على كميات من الاملاح الى حدود اكثر من 1.5 ديسمنز / م (ds / m) تصنف على انها مياه مالحه . المياه المالحة هي تلك المياه التي تحتوي ملح كلوريد الصوديوم كملح سائد فيها اما المياه الاجاج (brakish water) فهي التي تحتوي على اكثر من ملح فضلا عن كلوريد الصوديوم . وعلميا فان مياه الاجاج تكون ملوثه بالحوامض او القواعد او الاملاح او المواد العضوية اما المياه المالحة فهي تحتوي على الاملاح الذائبة فقط . واستنادا الى EC فان مياه الري تصنف كما في الجدول (30.9)

جدول 30.9. تصنيف مياه الري على اساس المحتوى الكلي للاملاح

الصنف	EC (ds/m)	الخصائص النوعية	التربة التي يناسبها هذا الماء
C_1	< 1.5	ماء اعتيادي	جميع الترب
C_2	1.5 – 3	ماء ذا ملوحة قليلة	الترب الخفيفة والمتوسطة النسجة
C_3	3 – 5	ماء ذا ملوحة متوسطة	الترب الخفيفة والمتوسطة النسجة للمحاصيل شبه المتحملة
C_4	5 – 10	ماء مالح	الترب الخفيفة والمتوسطة النسجة للمحاصيل المتحملة
C_5	> 10	ماء ذا ملوحة عالية	لا يناسب اي تربة

نسبه الصوديوم المتبادل ومحتوى البورون

Sodium Adsorption Ratio and Boron Content

فضلا عن قيمه EC التي تعتمد كمعيار لتصنيف مياه الري وتحديد نوعيتها فان نسبه الصوديوم الممدصة (SAR) ونسبه كاربونات الصوديوم المتبقيه (RSC) ومحتوى البورون يمكن استعمالها لتحديد صلاحيه مياه الري . فالماء الذي يحتوي على اكثر من (3PPM) بورون يعد ماء ضارا للمحاصيل خصوصا في الترب الخفيفة ولقد تم توضيح تقسيمات ماء الري على اساس محتوى البورون كما في الجدول (31.9) .

جدول 31.9. تصنيف مياه الري على اساس محتوى البورون

الصنف	البورون ppm	الخصائص	التربة التي يناسبها الماء
B_1	< 3	ماء اعتيادي	جميع الترب
B_2	4 – 3	ماء منخفض البورون	الترب الطينية والمتوسطة النسجة
B_3	4 – 5	ماء متوسط البورون	الترب الثقيلة النسجة
B_4	5 – 10	ماء بوروني	الترب الثقيلة النسجة
B_5	> 10	ماء عالي البورون	لا يناسب اي تربة

الري بمياه رديئة النوعية Irrigation with Poor Quality Water

يقل نمو المحاصيل المزروعة في ترب تروى بمياه ذات نوعيه رديئة نتيجة لزيادة الشد الاوزموزي وردائه الظروف الفيزيائية لتحطم بناء التربة الصودية . ان درجة الضرر الذي يؤثر في المحاصيل المختلفة يختلف باختلاف المحصول والصنف ومرحله النمو وممارسات الخدمة المتبعة في اداره المحصول . الملوحة تؤدي الى تاخير التزهير وتقلل من عدد الازهار . الري بمياه مالحة من مرحلة تكون الثمار الى النضج لها تاثير اقل على الحاصل . الصوديوم والكلور لماء الري يحجزان في سيقان البطيخ . ان التاثير العكسي للمياه الرديئة النوعية يمكن تقليله بتحسين نوعية المياه او بالزراعة في ترب تناسب تلك المياه وتحسين ممارسات ادارة الري .

تحسين نوعية مياه الري Improving Water Quality

ان التاثيرات المؤذية لمياه الري او رديئة النوعية يمكن تقليلها باضافة الكيميائيات تعمل على ترسيب المحتويات الضارة وهذه الممارسة تبدو غير عملية لتقليل التركيز الكلي للاملاح في مياه الري بكميات كبيرة في المشاريع .

وبعض المحاصيل شبه المتحملة مثل قصب السكر والذرة البيضاء والدخن الاصبعي والدخن الؤلؤي والرز ...... الخ . كما ان اضافة دمن الحضائر او خلط الدمن الاخضر مع التربة يساعدان الى حد ما للتقليل من التاثيرات السلبية للري بمياه رديئة النوعية . اضافة الاسمة خصوصا النيتروجين والفسفور والزنك تعد ضرورية ، زراعة البذور على جانب المرز تساعد على انبات افضل من تلك المزروعة في قمة الرز .

ادارة التربة Soil Management

التربة يتم اروائها بمياه حاوية على ملوحة عالية تصبح ترب متملحة وفي هذه الحالة فان الغسل بمياه ذات نوعية جيدة يكون ضروري جدا . ان استصلاح الاراضي المتملحة يعتمد على كفاءة ازالة الاملاح من الطبقات السطحية للتربة الى الطبقات السفلى وهذه طبيعيا عملية سهلة ومتاحة اذا لم تكن هناك محددات . ومن ابسط الطرائق هي عملية غمر الحقل وحجر الماء في احواض ومن خلال حركة الماء الى الاسفل خلال مقد التربة الذي سيحمل معه الاملاح الذائبة الى الطبقات السفلى تحت المنطقة الجذرية . نوعية المياه التي نحتاجها لعملية الغسل تعتمد بدرجة رئيسية على شدة التملح ودرجة الاستصلاح المطلوبة ونوع الاملاح السائدة ... الخ . ان كفاءة عملية الاستصلاح لكل وحدة حجم من الماء ستزداد مع نوعية جيدة للمياه .

استصلاح الترب القلوية (alkali) يكون اكثر صعوبة من استصلاح الترب المالحة (saline) ذلك لان التربة القلوية ذات نفاذية منخفضة لذا فان الصوديوم المتبادل يحل محل الكالسيوم ليتم غسله الى الطبقات السفلى وان عملية تحسين الترب المحروثة تكون بطيئة لذا فان عملية غسل الصوديوم فان مزيدا من الصوديوم المتبادل يمكن انجازها بعملية الاحلال بتوفير مزيد من الكالسيوم والمغنسيوم الذائبين بالماء وذلك باستعمال املاح ذائبة مثل كلوريد الكالسيوم وكلوريد المغنسيوم او الجبس . املاح الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة تكون مناسبة لاستصلاح التربة القلوية . ومن هذه

الاملاح فان كلوريد الكالسيوم وكلوريد المغنسيوم من الاملاح الغالية الثمن وغير اقتصادية لاستعمالها في عمليات الاستصلاح . اما الجبس فان ذوبانه قليل الا ان سعره منخفض لهذا فهو مناسب لاستصلاح الترب القلوية . في الترب القلوية الكلسية بعض الحوامض التي تكون فعالة في الاستصلاح التي تذيب كاربونات الكالسيوم وهكذا تستحدث الحامضية في التربة . المواد الحامضية هي :-

1- الكبريت .
2- حامض الكبريتيك .
3- كبريتات الحديد .
4- كبريتات الالمنيوم .
5- الكبريت الجيري .

وعلي اية حال فان اختيار المصطلحات يعتمد على درجة تفاعل التربة pH وعلى كمية كاربونات الكالسيوم والمغنسيوم الموجودة وكلفة المصلح المستعمل وسرعة التفاعل المطلوبة وظروف التربة ونوعية المياه المتيسرة ومن هذه المواد يعد حامض الكبرتيك وكبريتات الحديد وكبريتات الالمنيوم تعد مواد فعالة للاستعمال بينما الكريت يتعرض للاكسدة من قبل الاحياء الدقيقة قبل ان يفعل فعله كعامل مصلح لذا فان فعل الكبريت يكون بطيئا . ان اختيار هذه المواد تتحكم به نسبة الكلفة والفائدة المتحققة واعتمادا على هذين العاملين فان اي مواد كبريتية رخيصة الثمن تعد مناسبة لاستصلاح الترب القلوية الكلسية .

ان كمية المصلح مهمة لاستصلاح اي مساحة ويعتمد ذلك على كمية الصوديوم المتبادل الموجود في التربة وعلى سطح الطين وهذا يمكن حسابة على اساس مكافئ الصوديوم الذي يراد احلاله بالكالسيوم . ان حوالي 4.1 طن من الجبس للهكتار ولعمق 30 سم من التربة نحتاج لكل مليمكافئ من الصوديوم ليتم احلال بالكالسيوم .

ادارة الري Irrigation Management

ممارسات ادارة الري باستعمال المياه الرديئة النوعية تهدف الى تقليل تركيز الاملاح في المنطقة الجذرية للنباتات وهذه يمكن تحقيقها من خلال :

1- اعطاء رية ثقيلة مثل زراعة البذور في التربة .
2- تكرار الري بريات خفيفة .
3- استعمال الري بالتنقيط .

ممارسات الخدمة Management Practices

زراعة اصناف المحاصيل المتحملة للملوحة يعد بديل مناسب لزراعة الترب المتملحة ويعد الشعير والبنجر السكري والخردل والقطن والنخيل من المحاصيل المتحملة للملوحة اما المحاصيل متوسطة التحمل فتعد الذرة البيضاء والدخن والرز .... الخ . اضافة الدمن الحيواني او خليط محاصيل التسميد الاخضر مع التربة تعد من الممارسات التي تساعد في تقليل التاثيرات العكسية للمياه رديئة النوعية . اضافة الاسمدة الكيميائية خاصة النيتروجين والفسفور والزنك تعد ضرورية . زراعة البذور على جانب اكتاف المروز اسفل خط الماء يساعد في انبات البذور تلك التي تزرع على قمة المرز لان الاملاح تتركز عادة في قمة الاكتاف للمروز .

البزل Drainge

زيادة الرطوبة Excess Moisture

زيادة الرطوبة او التغدق يحدث نتيجة استمرارية الامطار الثقيلة او نتيجة الاسراف في عملية الري . التغدق يحدث تغيرات عدة في التربة على النبات ما ينتج

عنها نقص في النمو وفي بعض الحالات تؤدي الى موت النبات .تعتمد درجة الضرر التي يسببها التغدق على المحصول ومرحلة النمو ومدة التعرض للتغدق والظروف المناخية المحيطة . المحاصيل الحساسة للتغدق مثل التبغ والطماطة والبقوليات .... الخ ومن اكثر المحاصيل تحملا للتغدق هو محصول الرز .

انبات البذور يكون حساس جدا للتغدق لان احد عوامل الانبات المهمة هو توفر الاوكسجين للبذرة الذي توفره التربة من خلال الهواء الذي يحتل الفراغات البينية بين تجمعات دقائق التربة وبما ان التغدق يعني ان جميع الفراغات مملوءة بالماء فهذا يعني عدم توفر الاوكسجين للانبات كما ان مرحلة البادرات تعد مرحلة حساسة جدا للتغدق .

هناك محاصيل مثل الدخن اللؤلؤي تكون حساسة للتغدق في مرحلة البادرات الا انها تتحمل التغدق في مراحل متاخرة . حاصل الحبوبيات ينخفض جدا عند تعرضها لتغدق تربة وخاصة في مرحلة نشوء وتطور السنابل .

البقوليات تكون حساسة للتغدق في مراحل النشوء للطور التكاثري . وتعد الحرارة العامل المناخي الاكثر اهمية في تحديد طبيعة الضرر الذي يسببه التغدق . ضرر التغدق يكون اكثر تحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة . الغرق (flooding) اكثر ضررا في الايام المشمسة منه الى الايام الغائمة .

التغدق يسبب ضررا للنباتات نتيجة لانخفاض محتوى الاوكسجين وتراكم المواد السامة في التربة . ان الاهمية النسبية لهذه العوامل في احداث الضرر من الصعوبة بمكان توضيحها . الاوكسجين يستنفد تماما ليحل محلة الماء في التربة . ان كمية الاوكسجين الموجودة في التربة تستهلك من قبل الاحياء الدقيقة قبل حصول الغرق . وبعد ذلك فان موادا سامة ستتكون مثل الغازات الهيدروكاربونية وكبريتيد النترات وعكس النترجة يزدادان نتيجة لنقص الاوكسجين .

ومن الجدير بالذكر ان تغيرات مورفولوجية وتشريحية وفسيولوجية تحصل للنباتات المعرضة للتغدق . ومن التغيرات المهمة التي تحصل هي استطالة الجزء الخضري والشيخوخة والانفصال للاجزاء الخضرية وانتاج الجذور العرضية . ان نسبة الانسجة الايرنكيمية في النظام الجذري تزداد كما ان التنفس من الجذور يتغير من التنفس الهوائي الى التنفس اللاهوائي مما ينتج عنه تراكم مواد سامة في الجذور ما يسبب اضرارا لانسجته . يزداد انتاج الايثانول وكذلك نشاط الكحول (alchohol dehydrogenase) في جذور النباتات المتغدقة .

ان انتاج الايثانول بكميات كبيرة يؤذي النباتات . نفاذية الجذور تقل نتيجة لنقص الاوكسجين وان من علامات الذبول نتيجة عدم القدرة على اخذ الماء تظهر على النباتات رغم زيادة الماء . قلة نفاذية الجذور للمغذيات كذلك تحدث في الظروف الغدقة.

ان التاثيرات العكسية للتغدق يمكن تقليلها الى حد ما باضافة الاسمدة النيتروجينية ويعد بزل ماء التربة الطريقة الافضل للحد من تاثيرات التغدق .

البزل الزراعي Agricultural Drainage

البزل الزراعي هو امداد نظام مناسب لازالة زيادة ماء الري او الامطار من سطح الارض ذلك لتحقيق ظروف مناسبة لنمو افضل للنباتات . ان معدل البزل يكون كمية (معبر عنها بعمق) الماء المبزول من المساحة المطلوبة خلال24 ساعة . يسمى كذلك مكافئ البزل (drainage coefficient) او معدل تصميم البزل (drainage design rate) وربما يعبر عنه كذلك بمعدل الجريان لوحدة المساحة (م^3 / هكتار / يوم) . ان امداد مستلزمات البزل يجب ان تكون في وقت مبكر من زراعة المحصول . الارض الزراعية التي تبزل يمكن استعمالها لمدة طويلة دون اي تدهور ينتج عن تدمير تركيب التربة او زيادة تركيز الاملاح بغياب عملية البزل .

البزل الى الاسفل وتقليل مستوى الماء الارضي سوف يوسع منطقة الجذور ويزيد من تعمقها الى الاسفل . البزل يحسن تهوية التربة ويزيد من درجة حرارة التربة . البزل للاراضي الزراعية يمكن ان ينفذ اما ببزل من سطح التربة او تحت سطح التربة .

البزل السطحي Surface Drainage

يعد الابسط وهو الطريقة الشائعة لدى الكثير من المزارعين الذين لا تتوفر شبكات بزل في اراضيهم وتتم من خلال عمل خنادق مفتوحة بمسافات واعماق مناسبة ويمكن لقناة الري ان تقوم مقام المبزل . ان عمل المبزل السطحي يعد رخيص من ناحية الكلفة . من خصائص المبازل المفتوحة هي امكانية رؤية العيوب التي تحصل فيها وتصليحها بسهولة وسهولة عمل منافذها وهناك مساوئ معينة لنظام المبازل السطحية هي انها تحتاج مساحة كبيرة من الارض لتنفيذها وتستخرج من مساحة الارض الزراعية كما ان هذه المبازل عرضة لنمو الادغال والحيوانات والفئران .... الخ لذا فهي تحتاج الى عمليات تطهير وصيانة باستمرار ما يرفع كلفة الانتاج الزراعي كما ان انسدادها يسبب اضرارا عكسية باعادة التملح للاراضي .

هناك طرق عدة لتنفيذ المبازل السطحية المفتوحة اعتمادا على طوبوغرافية الارض وخصائص التربة والمحاصيل التي تزرع في الارض .

طريقة الخنادق الحقلية العشوائية Rendom Field Ditch Methode

ان توزيع الماء الموجود في تربة الحقل ربما يكون موزعا على اماكن عدة من الاراضي وبطريقة عشوائية .هذه التجمعات للماء والبحيرات الصغيرة يتم توصلها الى قنوات ضحلة او خنادق وهذه يتم توصليها الى المنافذ .

الارض الملساء Land Smoothing

المساحات المرتفعة يتم قطعها والتراب الزائد يتم نثره فوق المناطق المنخفضة لكي يصبح سطح الارض متجانس الانحدار ومزيدا من الجريان السطحي الذي سيتجمع وينقل الى الخنادق الحقلية التي حفرت في نهاية الحقل المنخفضة .

التمريز Bedding

يتم عمل مروز صغيرة بمسافات معروفة موازية للانحدار لبزل الماء الى الخارج وتعرف هذه المروز بالمروز الميتة والارض بين هذه المروز تعرف بالمساطب (beds) ويتم عمل اكتاف او ثنيات في مركز المسطبة مع انحدار تدريجي لبزل الماء الى المروز الميتة . وهناك طرائق اخرى مثل طريقة نظام الخنادق المتوازية (parallel field ditch system) وطريقة المساطب العرضية (brood bed and furrow methods) .

الفصل العاشر

التغذية المعدنية ، الاسمدة العضوية والكيميائية

MINERAL NUTRITION , MANURES AND FERTILIZERS

التغذية المعدنية Mineral Nutrition

من المعروف ان جذور النباتات الارضية تاخذ المغذيات من التربة لقد وجد خلال النصف الاول من القرن التاسع عشر ان النباتات تحتاج الى عناصر كيميائية معينة التي يطلق عليها بالعناصر الضرورية وان تلك العناصر يتم امتصاصها من قبل الجذور بدرجة اساسية بهيئة ايونات لا عضوية وتلك الايونات اللاعضوية يتم اشتقاقها من المكونات المعدنية للتربة ، ان مصطلح المغذي المعدني (mineral nutrients) يستعمل بشكل عام للاشارة الى أي ايون غير عضوي يتم الحصول عليه من التربة ويحتاج اليه النبات في نموه . ان عمليات الامتصاص والنقل والتمثيل للمغذيات التي تتم من قبل النبات تعرف على انها تغذية معدنية .

العناصر الضرورية Essential Elements

بصورة عامة تحتاج النباتات الى 16 عنصر لنموها واكمال دورة حياتها وهي (الكاربون – الهيدروجين – الاوكسجين – النيتروجين – الفسفور - البوتاسيوم – الكالسيوم المغنسيوم – الكبريت – الحديد – المنغنيز – الزنك – النحاس – البورون – المولبيدنيوم و الكلورين) فضلا عن اربعة عناصر اضافية هي الصوديوم والكوبلت والفناديوم والسيليكون والتي تمتص من قبل النباتات لاغراض خاصة .

ان جميع العناصر هذه قد لا تكون مطلوبة من قبل جميع النباتات بالدرجة نفسها لكنها وجدت كلها ضرورية لنباتات معينة او لاخرى . من بين تلك العناصر فان ذرات الكاربون والاوكسجين يتم الحصول عليها من ثاني اوكسيد الكاربون والذي يتم تمثيلها

اساسا بعملية التركيب الضوئي ، وبتخصيص اكثر فان ثلث ذرات الاوكسجين في المادة العضوية للنباتات الراقية يتم الحصول عليها من ماء التربة و والثلثي الاخرى من ثاني اوكسيد الكاربون من الغلاف الجوي . ان الاساس الكيمائي لذلك الاستنتاج هو التفاعل الذي يحدث خلال عملية التركيب الضوئي اذ ان جزيئة واحدة من كل من ثاني اوكسيد الكاربون (CO_2) والماء (H_2O) يتحدان بوجود الانزيمات . ان العناصر C , H , O ليست معادن . العناصر الاخرى يتم امتصاصها من التربة التي يطلق عليها عناصر معدنية كون الحصول عليها من المعادن الموجودة في التربة . ان تلك العناصر يتم امتصاصها بهيئة ايونات وفي بعض الاحيان بهيئة لا ايونية وكما في الجدول (1. 10)

جدول 1.10.صيغ المغذيات المعدنية التي يمدصها النبات

العنصر الايوني	الصيغة الايونية	الصيغة اللايونية
نيتروجين (N)	NH_4^{+} , NO_3^{-}	CO ($NH_2)_2$
فسفور (P)	$H_2PO_4^{-}$, HPO_4^{-2}	Nucleic acid , phytin
بوتاسيوم (K)	K^{+}	
كالسيوم (Cu)	Ca^{+2}	
مغنسيوم (Mg)	Mg^{+2}	
كبريت (S)	SO_4^{-2}	SO_2
حديد (Fe)	Fe^{+2} , Fe^{+3}	$FeSO_4$ with EDTA
منغنيز (Mn)	Mn^{+2}	$MnSO_4$ with EDTA
زنك (Zn)	Zn^{+2}	$ZnSO_4$ with EDTA
نحاس (Cu)	Cu^{+2}	$CuSO_4$ with EDTA
بورون (B)	$B_4O_7^{-2}$, $H_2BO_3^{-}$, HBO_3^{-2}	
موليبدنيوم (Mo)	MoO_4^{-2}	
كلورين (Cl)	Cl^{-}	

ماهي معايير الضرورة للعنصر Criteria of Essentially

استعمال تحليل النبات كتقنية حديثة التي اكدت ان جسم النبات يحوي على ثلاثين (30) عنصرا وفي حالات تكون 60 عنصرا . ان وجود مجموعة من العناصر في النبات لا يعني ان تلك العناصر هي ضرورية للنبات . لخص Stoutو Arnon (1939) معايير الضرورة بالنسبة للعنصر والتي تم تنقيحها من قبل Arnon عام 1954 .

ان أي عنصر يعد ضروريا للنبات لا يستطيع ذلك النبات اكمال المرحلة الخضرية والتكاثرية من دورة حياته نتيجة لنقص ذلك العنصر . يمكن تلافي ذلك النقص او منعه فقط باضافة ذلك العنصر وعندما يكون ذلك العنصر ذو دور مباشر في ايض النبات ولقد اعتبر ذلك المعيار غير عملي احيانا . فالصوديوم يعد عنصر غير ضروري الا انه وجد ان الصوديوم يزيد الحاصل لعدد من المحاصيل مثل البنجر السكري ماجعل المزارعون يعتبرون الصوديوم على انه عنصر ضروري لذلك اقترح Nicholes مايسمى المغذي الوظيفي (functional nutrient) ولاي عنصر معدني وظائف في ايض النبات سواء كانت او لم تكن ذات فعل خاص ومع هذا المعيار اعتبر كل من الصوديوم والكوبلت والفناديوم والسيليكون على انها مغذيات وظيفية فضلا عن الـ 16 عنصر الضرورية التي ذكرت سابقا .

تقسيم العناصر الضرورية Classification of Essential Elements

يمكن تقسيم العناصر الضرورية على اساس الكمية التي يحتاجها النبات وحركتها في النبات والتربة وطبيعتها الكيميائية و وظائفها داخل النبات .

1- كمية المغذيات Amount of Nutrients :- اعتمادا على كمية المغذيات الموجودة في النباتات يمكن ان تقسم الى ثلاث مجاميع :-

1- مغذيات اساسية Basic Nutrients .

2- مغذيات كبرى Macronutrients

3- مغذيات صغرى Micronutrients

المغذيات الاساسية Basic Nutrients

ان الكاربون والاوكسجين والهيدروجين التي تشكل نسبة 96% من النسبة الكلية للمادة الجافة للنبات من المادة الجافة الكلية ومن بينها يشكل الاوكسجين مانسبته 45% ففي المادة الجافة المنتجة من قبل محصول الرز في موسم واحد والتي هي حوالي 12 طن / هكتار يمكن ان تشكل 3.4 طن / هـ كاربون و 5.4 طن / هـ اوكسجين و 0.7 طن / هـ هيدروجين .

المغذيات الكبرى Macronutrients

تعرف المغذيات المطلوبة بكميات كبيرة من قبل النبات على انها مغذيات كبرى (Macronutrients) وكما في الجدول (10 . 2)

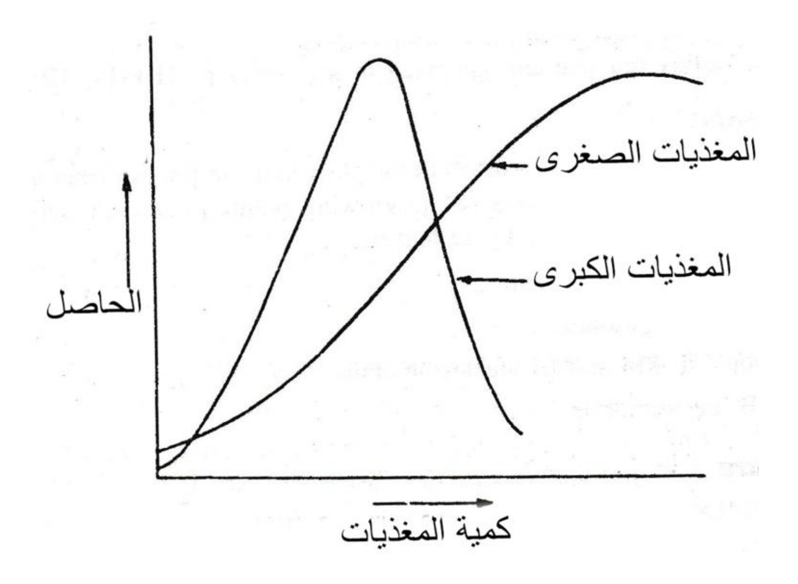
جدول 10 . 2 . اخذ المغذيات الكبرى من قبل الرز (صنف IR8)

المغذي	الاخذ كغم / هـ	المحتوى % في النبات
N	164	0.93
P	46	0.25
K	309	1.88
Ca	27	1.65
Mg	35	0.22
S	15	0.08

ان العناصر الكبرى هي النيتروجين (N) والفسفور (P) والبوتاسيوم (K) والكالسيوم (Ca) والمغنسيوم (Mg) والكبريت (S) ومن بين هذه العناصر فان النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم تسمى بالمغذيات الاولية والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت تسمى مغذيات ثانوية . واخيرا فان مايعرف بالمغذي الثانوي هي تلك المغذيات التي يتم اضافتها الى التربة بشكل ليس مستقل وانما تضاف من خلال اضافة النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم .

المغذيات الصغرى Micronutrients

هي المغذيات التي يكون الطلب عليها بكميات قليلة والتي تعرف بـ Micronutrients او Trace elements وهي الحديد Fe والزنك Zn والنحاس Cu والبورون B والموليبدنيوم Mo والكلور Cl وهذه العناصر كفوءة جدا اذ ان كميات صغيرة منها يكون لها تاثيرات مثالية . ومن جانب اخر فان النقص الخفيف او الزيادة لها تاثير مؤذي للنبات . كما في الشكل (1.10)



شكل 1.10 منحنى الحاصل بالنسبة الى المغذيات الصغرى والكبرى

2- الوظائف في النبات Function in The Plant :- على اساس الوظائف فان المغذيات تقسم الى اربعة مجاميع هي :-

أ- مغذيات اساسية للتركيب Basic Structure :- عناصر تدعم التركيب الاساسي للنبات (O , H , C) .

ب- استعمال الطاقة Energy use :- عناصر مفيدة في خزن الطاقة والنقل والربط (N , S , P) وهذه تكون مكملة لعناصر التركيب والتي تكون اكثر فعالية وحيوية للانسجة الحية .

ت- توازن شحنة Charge balance :- عناصر ضرورية لتوازن الشحنة (K , Ca , Mg) اذ تعمل هذه العناصر كمنظمات وحوامل .

ث- نشاط انزيمي Enzyme activity :- العناصر التي تتضمنها الفعاليات الانزيمية ونقل الالكترونات هي (Fe , Zn , Cu , B , Mo , Cl) وهذه العناصر تكون كممهدات Catalyzer و منشطات Activators .

3- الحركة في التربة Mobility in the Soil :- حركة المغذيات في التربة تتاثر بدرجة كبيرة بجاهزية تلك المغذيات للنبات وطريقة اضافة السماد . ولكي ياخذ النبات المغذيات تلك فان فعاليتين مهمتان يمكن ان تحصل هما :-

أ- حركة ايونات المغذي الى اسطح الامتصاص للجذور .

ب- وصول الجذور الى منطقة جهوزية المغذي .

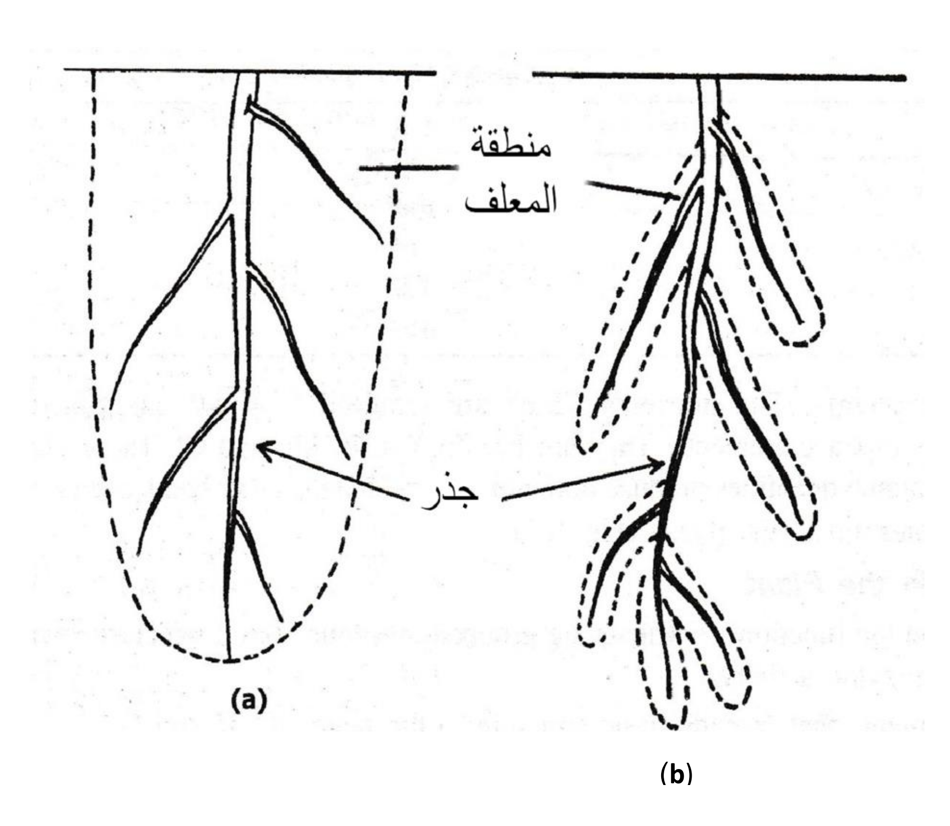
ففي حالة المغذيات غير المتحركة فان الجذور لكي تصل الى منطقة جهوزية المغذي اذ ان حجم المستودع لتلك الجهوزية الذي يطلق عليه منطقة المعلف (Forage area) يكون محدودا لمنطقة اسطح الجذور وبالنسبة للمغذيات ذات الحركة الكبيرة فان كل الحجم الكلي لمنطقة الجذور تكون منطقة مستودع للمغذيات وكما في الشكل (2.10) .

على اساس الحركة في التربة فان ايونات المغذيات يمكن ان تقسم الى مجاميع وكما ياتي :-

1- متحركة Mobile :- ذات قابلية ذوبان عالية ولا تمدص على معقدات الطين مثال عليها النترات (NO_3^-) والكبريتات ($SO_4^=$) والبورات ($BO_3^=$) والكلوريد (Cl^-) والمنغنيز (Mn^{+2}) .

2- قليلة الحركة Less mobile :- هي الاخرى تكون ذائبة لكنها تمدص على معقدات الطين لذا فان حركتها تقل كمثال عليها الامونيوم (NH_4^+) والبوتاسيوم (K^+) والكالسيوم (Ca^{++}) والمغنسيوم (Mg^{++}) و النحاس (Cu^{++}) .

3- غير المتحركة Immobile :- تكون ذا فعالية شديدة ويحصل لها تثبيت في التربة مثال عليها الفوسفات الثنائية ($H_2PO_4^-$) والفوسفات الاحادية ($HPO_4^=$) والزنك Zn^{++} .



شكل 2.10. منطقة المعلف لـ (a) المغذيات المتحركة و (b) المغذيات

4- الحركة في النبات Mobility in Plants :- ان معرفة حركة المغذيات في النبات تساعد في ايجاد أي من تلك المغذيات فيه نقص . ان المغذي المتحرك في النبات يتحرك باتجاه نقاط النمو . ففي حالة حصول نقص فان اعراض النقص تظهر على الاوراق السفلى او القديمة . تقسم العناصر وفق حركتها من النبات الى:-

- مغذيات متحركة بدرجة كبيرة في النبات K , P , N.
- ذو حركة متوسطة Zn .
- ذوات حركة قليلة Cl , Mo , Cu , Mn , Fe , S.
- غير متحركة B , Ca.

1- الطبيعة الكيميائية Chemical Nature :- يمكن تقسيم المغذيات الى ايونات موجبة (Cations) وايونات سالبة (Anions) ومعدنية ولا معدنية ذلك على اساس الطبيعية الكيميائية لها .

الايونات الموجبة Cations :- Cu , Zn , Fe , Mg , Ca , K

الايونات السالبة Anions :- NO_3^- , $H_2 PO_4$, SO_4

الايونات المعدنية Metal :- K , Ca , Mg , Fe , Mn , Zn Cu

الايونات اللامعدنية Non metal :- N , P , S , B , Mo , Cl

جاهزية المغذيات Nutrient Availability

هناك عدد من العوامل التي تؤثر في جاهزية المغذي هي :-

1- طبيعة تجهيز المغذي في التربة التي ترتبط الى حد كبير بالمادة الام لتلك الترب والكساء الخضري تحت أي منها ينموالنبات .

2- درجة تفاعل التربة (pH) التي تؤثر في تحرر المغذي .

3- علاقة المغذي بنشاط الاحياء المجهرية التي تلعب دورا حيويا في تحرير المغذي وتثبيته .

4- اضافة السماد هل بهيئة اسمدة كيميائية او عضوية او سماد اخضر .

5- درجة حرارة التربة ورطوبتها والتهوية فيها .

6- وجود النباتات وطبيعة النظم الحقلية المتبعة .

وجود النباتات يزيد من جاهزية المغذيات في التربة خاصة في منطقة الغلاف الجذري (rhizosphere) . نشاطات المجتمعات الفطرية وانزيم الفوسفوتيز يلاحظان في منطقة الغلاف الجذري ولو ان منطقة الغلاف الجذري تكون مستعمرة بحوالي 23 نوع من الفطريات الا ان السيادة تكون لانواع البنسيليوم . عمر النبات هو العامل المحدد الذي يؤثر في عدد الاحياء المجهرية ونشاط الفوسفوتيز الذي يكون اكثر وضوحا وتاثيرا في مرحلة الازهار . هناك ارتباط موجب في معدل تواجد الاحياء الدقيقة وفعالية انزيم الفوسفوتيز مع الاشارة الا ان المجموعة الفطرية (mycoflora) تلعب دورا مهما في عمليات نقل الفوسفور .

ان النمو النشط للنباتات يتداخل مع عمليات النقل الكيميائية للفسفور في التربة من خلال ميكانيكيات معقدة (اضافة مجموعة الهيدروكسيل لغرويات التربة تخليب الايونات الموجبة وانتشار الفسفور في التربة) والتي تساق بوساطة الطاقة المتحصل عليها من مركبات التركيب الضوئي التي ينتج عنها حث حركة الاسمدة الى التربة ونتيجة لتلك الفعاليات هناك كميات معينة تسحب من الموجود اصلا في التربة من سماد الفسفور المضاف ويتم اخذها حالا .

نقل المغذيات الى سطح الجذر

Transport of Nutrients to Root Surface

هناك نظريتان مهمتان هما نظرية محلول التربة ونظرية التبادل بالتماس واللتان توضحان جاهزية المغذيات للنبات .

أ- **نظرية محلول التربة Soil Solution Theory :-** مغذيات التربة تذوب في الماء ويتم نقلها الى اسطح الجذور من خلال سريان الكتلة (mass flow) والانتشار (diffusion) . ان سريان الكتلة هو حركة الايونات المغذية والاملاح . لذا فان حركة المغذيات و وصولها الى الجذور تعتمد على معدل سرعة سريان الماء . الانتشار يحدث عندما يكون هناك تدرج في التركيز في سطح الجذر والتربة المحيطة به اذ تتحرك الايونات من المنطقة ذات التركيز العالي الى المنطقة ذات التركيز الواطئ .

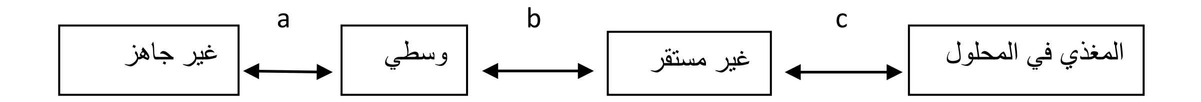
ب- **نظرية التبادل بالتماس Contact Exchange Theory :-** ان التماس الذي يحصل بين سطح الجذور وغرويات التربة يسمح بتبادل مباشر بين ايونات الهيدروجين (H^+) من جذور النباتات مع الايونات الموجبة من غرويات التربة. ان اهمية التبادل بالتماس في نقل المغذيات يكون اقل منه الى حركة محلول التربة .

حركية (ديناميكية) جاهزية المغذيات

Dynamic of Nutrients Availability

تعتمد سرعة الامتصاص على تركيز المغذي في محلول التربة وبما ان الجذور هي التي تمتص المغذيات لذا فان الاستنفاد لتلك المغذيات يحصل بالقرب من منطقة الجذر التي يتم تعويضها عن طريق سريان الكتلة او الانتشار . ان مقدرة (سعة)

التربة لاستدامة تراكيز كافية من تلك المغذيات تعد قضية مهمة جدا لاغلب المغذيات وان أي تتابع مثالي للتفاعل يمكن ان يوضع بصيغة مفهوم معدل الانتقال بين الصيغ .



ان الثوابت a , b , c هي ثوابت السرعة ، ان التوازن بين الصيغة غير الجاهزة والوسط يحصل بشكل بطئ ربما عبر عدة عقود من الزمن . ان الصيغ الوسطية هي التي تمثل الاحتياطي الذي ممكن ان يكون ببطئ من الاشكال الخاملة او البطيئة او بسرعة اكثر بوساطة تفاعلات الاسمدة مع معادن التربة . بعض الامثلة على الحالة الوسطية هو ايونات البوتاسيوم في معادن الطين والداخلة بين طبقات الطين و ايونات الفوسفات في بلورات فوسفات الكالسيوم الثنائية . ان التوازن بين الحالة الوسطية والحالة غير المستقرة تتاسس عبر مدة اما طويلة او قصيرة ربما شهورعدة الى سنة .

المغذيات غير المستقرة والمحمولة بشكل سائب (غير مستقر) تكون جزء من مغذي التربة الذي ياتي ليقوم بالتوازن مع محلول التربة وبسرعة خلال ساعات او ايام. بشكل عام فان المجموعة غير المستقرة تشكل المكون الرئيس من الناحية الكمية بينما تركيز المغذي في محلول التربة يكون من ناحية الشدة . ان امتصاص المغذي من قبل جذور النباتات يعتمد على تركيز محلول التربة (عامل الشدة) والذي يعود لينظم مرة اخرى بوساطة الكمية غير المستقرة (عامل الكمية) اذ ان العلاقة مهمة بين عاملي الشدة والكمية .

امتصاص المغذيات Absorption of Nutrients

رغم ان المغذيات الضرورية موجودة في التربة فان امتصاصها يعتمد على عوامل عدة خارجية وداخلية .

العوامل الخارجية External Factors :-

1- **حالة الاكسدة والاختزال للعناصر Oxidation Reduction State of Elements :-** عناصر عدة تكون في اغلب الاحيان في حالة اكسدة التي تحدث بشكل طبيعي تكون مفضلة في الامتصاص وعلى اية حال فان الحديد والمنغنيز يكونا اكثر جاهزية في صيغتهما المختزلة

2- **تركيز العناصر Concentration of the Elements :-** التركيز النسبي لاي عنصر يؤثر في امكانية امتصاصه والتركيز الاعلى للعنصر يعني جاهزية اعلى .

3- **المحتوى الرطوبي للتربة Moisture Content of the Soil :-** تؤخذ المغذيات بسهولة من قبل النبات عندما تكون موجودة في محلول التربة لذلك فان رطوبة التربة عامل ذو اهمية يؤثر في امتصاص المغذيات . الماء يساعد في نقل المغذيات الى اسطح الجذور .

4- **التهوية Aeration :-** من اجل امتصاص نشط فان الطاقة مهمة التي تتحرر خلال عملية التنفس . تهوية جيدة للتربة تجهز كمية كافية من الاوكسجين لتنفس الجذور .

5- **الحرارة Temperature :-** درجة الحرارة تكون مفضلة لكل من الجذور والجزء الخضري وكذلك للاحياء الدقيقة لزيادة جاهزية المغذيات .

6- درجة تفاعل التربة pH :- تعد درجة تفاعل التربة من اكثر العوامل الخارجية اهمية من خلال دورها في جاهزية المغذيات . ان مديات من pH لتكون العناصر جاهزة هي :- N 6 – 8

P 6 – 7.5

K 8.5 – 7.5

العوامل الداخلية Internal Factors

1- **جدار الخلية Cell wall :-** يختلف جدار الخلية في نفاذيته واختياره في امتصاص العناصر وخاصة الايونات الموجبة والسالبة وبين الكاتيونات والانيونات فالكاتيونات لها خاصية المنافسة لكن هناك ثلاثة ايونات سالبة التي يتم اخذها بكميات كبيرة $SO_4^{=}$, $H_2PO_4^{=}$,NO_3^{-} رغم انها ايونات سالبة .

2- التهوية Aeration :- سرعة اخذ الايون ونمو النبات يرتبطان بالدفئ والرطوبة والتهوية الجيدة للتربة وتراكم الايونات يرتبط مع الايض الغذائي .

3- نوع الخلية ومرحلة التطور Type of Cell and Stage of Development :- يحدث دخول المواد غير العضوية الى الخشب في نهايات الجذور وان امتصاص المغذيات يكون اولا بوساطة خلايا الشعيرات الجذرية وان تلك الشعيرات ربما تكون فعالة في الامتصاص لايام قليلة .

4- النتح Transpiration :- اخذ المغذيات يكون اكثر تحت المعدلات العالية للنتح

5- الغلاف الجذري Rhizophere :- تؤثر المغذيات في الغلاف الجذري بوساطة ارتشاح المكونات العضوية من الاجزاء الفتية للجذر . ان المجموعة النباتية الدقيقة (micro flora) في الغلاف الجذري تحسن تغذية النبات بوساطة تحطم المعادن والمواد العضوية وتشكل علاقة تكافلية وعلاقات شراكة اخرى مع النباتات .

ميكانيكية الامتصاص Mechanism of absorption

يتم امتصاص العناصر الغذذائية من قبل النبات بطريقتين هما :-

أ- الامصاص النشط (الفعال) Active absorption :- يطلق على امتصاص العناصر المغذية من محلول التربة الحاوي على تراكيز واطئة من تلك العناصر بالمقارنة مع عصير الخلية وذلك بصرف طاقة يطلق عليه الامتصاص النشط الفعال .

ب- الامتصاص غير النشط Passive absorption :- تدخل المغذيات الى النباتات من خلال استمرار عملية النتح بدون صرف طاقة .

الانتقال Translocation

تمتص المغذيات بوساطة الشعيرات الجذرية لتدخل الى منطقة القشرة التي ستتراكم ضد منحنى تدرج التركيز ومن القشرة ستدخل الى اوعية الخشب لتصل الى الاوراق عن طريق سريان الكتلة مع مجرى النتح . مع الاخذ بنظر الاعتبار النيتروجين فان نسبة من النيتروجين النتراتي ($NO_3 – N$) الممتص يتم اختزالها الى نيتروجين امونياكي ($NH_4 – N$) وكلوتامين في الجذور .

تلك المركبات مع النسبة المتبقية من $NO_3 – N$ (غير مختزلة) تمر من خلال السمبلاست (الخيوط السايتوبلازمية بين الخلايا) لتدخل الى الخشب من اوعية الخشب ويتحركان الى الاعلى بوساطة سريان الكتلة مع مجرى النتح . لتنتهي في الاوراق التي يحصل فيها اختزال النترات وان المركبات المختزلة تدخل الى اوعية اللحاء لتنتقل الى نقاط النمو مثل الاوراق الفتية ، الجذور والثمار .

التمثيل Assimilation

تعرف العملية الايضية التي تتحول من خلالها المغذيات غير العضوية النباتية الى مكونات عضوية بالتمثيل (assimilation) وفي الاخر فان التمثيل يعني صنع المتشابه من غير المتشابه مثلا ثاني اوكسيد الكاربون والماء والنترات .... الخ هي غير متشابهة تحول الى مركبات متشابهة في النبات فثاني اوكسيد الكاربون يتم تحويلها الى كاربوهيدرات بعملية التركيب الضوئي والماء يتمثل جزء منه في بعض العمليات الايضية الا ان الجزء الاكبر منه يفقد بعملية النتح وبعض المغذيات تخضع لعمليات ايضية كثيفة خلال عمليات التحول تلك من الصيغة العضوية في حين اخرى لاتحصل لها تلك العملية . ان جزء من المغذيات الممتصة ربما يتم خزنها في الفجوات بدون تمثيل .

تمثيل النيتروجين Assimilation of Nitrogen

يمتص النبات النيتروجين على الاغلب بصيغة نترات (NO_3^-) او امونيوم (NH_4) . اغلب النترات الممتصة من قبل الجذور يتم نقلها الى الاوراق عن طريق ماكنة النتح لذلك فان عملية تمثيل النترات اغلبها تحصل في الاوراق ونسبة قليلة في الجذور .

النترات تتحول في النبات في اول خطوة الى امونيا وذلك على مرحلتين الاولى يتم اختزال النترات الى نتريت (NO_2^-) وفي ذلك التفاعل فان ذرة اوكسجين تتحرر بهيئة ماء .

$$NO_3^- + NADH + H^+ \xrightarrow{\text{Nitrate reductase}} NO_2^- + NAD^+ + H_2O$$

ان الفعالية تتم بوساطة انزيم مختزل النترات وطاقة الاختزال يتم تجهيزها بواسطة NADH كما ان الموليبيدينيوم من مكونات انزيم مختزل النترات . لذا فان

نقص المولبيدنيوم يؤدي الى وقف تمثيل النترات مما ينجم عنه تراكم النترات وهذا مايجعل من نقص المولبيدنيوم يسبب ظهورعلامات نقص النيتروجين فضلا عن علامات نقص المولبيدنيوم . ان المرحلة الثانية هي اختزال النتريت الى امونيا بوجود انزيم مختزل النتريت .

$$NO_2^- + 6e^- + 7H^+ \xrightarrow{\text{Nitrate reductase}} NH_3 + H_2O$$

في الاوراق الخضراء فان التفاعل يحدث في البلاستيدات الخضراء وطاقة الاختزال يتم الحصول عليها مباشرة من تفاعل الضوء وبمعنى اخر فان نسبة من الطاقة التي تتحرر خلال تفاعلات الضوء لعملية التركيب الضوئي يتم استعمالها في عملية اختزال النتريت الى امونيا . ان اختزال النتريت كذلك يحدث في الظلام في الجذور والورقة وان طاقة الاختزال يتم تجهيزها من عملية التنفس .

نباتات رباعية الكاربون (C_4) تقوم بتمثيل النترات بكفاءة اعلى من نباتات (C_3) . اختزال CO_2 في نباتات رباعية الكاربون يحدث في خلايا غمد الحزمة بينما تفاعلات الضوء واختزال النترات تحدث في خلايا الميزوفيل (النسيج الوسطي) . ان طاقة الاختزال المتولدة في خلايا النسيج الوسطي ليست ضرورية لاختزال CO_2 في نباتات رباعية الكاربون . في نباتات ثلاثية الكاربون C_3 مثل الرز فان منافسة تحصل على طاقة الاختزال .

تحول الامونيا الى احماض امينية Ammonia to Amino Acids

وجود الامونيا في النبات ناجم عن اختزال النترات الى امونيا وان امتصاص النيتروجين الامونياكي (ammoinacal nitrogen) يؤدي الى تكسير البروتين من خلال عمليات فسيولوجية عدة كما ان تكسير اليوريا الممتصة من قبل النبات الى امونيا

وكذلك بوساطة تثبيت النيتروجين . ان الامونيا يتم تمثيلها سريعا من قبل النبات وفي اغلب النباتات فان كميات قليلة جدا من الامونيا تكون موجودة بشكل حر.

حامض الكلوماتيك سوف يتحد مع الامونيا ليكون الكلوماتين وبعدها يعود الكلوماتين ليتحد مع حامض الكيتوكلوتارك مكونا جزيئتين من حامض الكلوتاميك والتي هي احماض امينية ويستعمل حامض الكلوتاميك كمادة اساس لبناء الاحماض الامينية الاخرى والتي تسمى عملية الامينة (transamination) .

$$NH_3 + \text{Glutamic acid} + ATP \longrightarrow \text{Glutamine} + ATP$$

$$\text{Glutamine} + \text{Alpha Ketoglutaric acid} \longrightarrow 2\ \text{Glutamic acid}$$

ان اغلب الامونيا الممتصة من قبل النبات يتم تحويلها الى الكلوتامين في خلايا الجذور وبعدها تنقل الى الاوراق لتتحد هناك مع حامض الفاكيتوكلوتارك مكونا حامض الكلوتامك .

تمثيل الفوسفات Assimilation of Phosphate

الفوسفات التي تمتص من قبل الجذور تنقل جزئيا الى الاوراق ويبقى جزء منها في الجذور . الجزء الذي يبقى في الجذور يتم تمثيله بعملية الفسفرة التاكسدية Oixidation Phosphorylation باستعمال الطاقة المتحررة خلال عملية التنفس .

$$ADP + Pi \xrightarrow{\text{طاقة تنفس}} ATP$$

بما ان Pi هي فوسفات غير عضوية فان الفوسفات المنقولة الى الاوراق يتم تمثيلها بالفسفرة الضوئية في البلاستيدات الخضراء وذلك بالاستفادة من الطاقة المتحررة في تفاعل الضوء .

$$ADP + Pi \longrightarrow ATP$$

وان الفوسفات التي تم تمثيلها في ATP يتم نقلها سريعا بوساطة تفاعلات سريعة متلاحقة الى مكونات نباتية مفسفرة مختلفة كثيرة مثل فوسفات سكرية وفوسفولبيدات ونيوكلوتايدات (Nucleotides) .... الخ .

تمثيل الكبريتات Assimilation of Sulphate

يحدث تمثيل الكبريتات في البلاستيدات الخضراء باستعمال الطاقة المتحررة من تفاعلات الضوء .

Sulphate ⟶ Sulphite ⟶ Sulphide ⟶ Cysteine

يتفاعل ايون الكبريتات مع ATP ليتنشط ويتم اختزاله الى كبريتيدات وبمساعدة الفيرودوكسين يتم اختزال الاخيرة الى كبريتيد والذي يعود ليندمج مكونا السيستين (Cysteine) الذي هو كبريت محتويا حامض اميني .

تمثيل الايونات الموجبة Assimilation of Cations

الكاتيونات مثل Na , Cu , Mn , Fe , Mg , Ca , K ...... الخ يتم تمثيلها اما بوساطة قوى جذب داخلية ايونية ضعيفة من الايونات السالبة العضوية وغير العضوية غير الذائبة او بوساطة تكون اواصر تناسقية .

اغلب البوتاسيوم وجزء من الكالسيوم والمغنسيوم تنجذب الى الايونات السالبة في المحلول من خلال قوة الجذب الكهربائية . ان تمثيل المغذيات المعدنية الموجبة مثل Mo , Cu , Zn , Mn , Fe تحدث من خلال تكون اواصر تناسقية . عدد كبير من المواد الاساسية في خلايا النبات القادرة على تكوين اواصر تناسقية مع المعادن والتي

تتضمن حوالي ربع من كل الانزيمات في خلايا النبات . بعض منها هي الفوسفوتيز ، الكلوروفيل ، Photosystem II ، السايتوكرومات ، بروتينات كبريتيد الحديد .... الخ .

وظائف المغذيات في النبات Functions of Nutrients

المغذيات الاساسية الكاربون والهيدروجين والاوكسجين (CHO) هي مكونات الكاربوهيدرات وعدد من المركبات البايوكيميائية فالنيتروجين هو مكون البروتينات والانزيمات والهورمونات والفيتامينات والقلويدات والكلوروفيل ..... الخ ويتاثر نمو النبات عكسيا بنقص النيتروجين نتيجة لعدم تكون الانزيمات والكلوروفيل والبروتينات .

الفسفور هو مكون للفوسفات السكرية (sugar phosphate) والنيوكلوتيدات والاحماض النووية (nucleic acids) والانزيمات المساعدة (coenzymes) والفوسفولبيدات . ان عمليات الايض البنائية والهدمية للكاربوهيدرات تشرع بالتقدم حينما تتأستر المركبات العضوية مع حامض الفوسفوريك . ان البوتاسيوم لا يكون مكون لاي من المركبات العضوية الا انه عامل مساعد لاكثر من 40 انزيم وهو يسيطر على حركة الثغور وادامة التعادل الكهربائي للخلايا النباتية . الكبريت احد مكونات عدد من الاحماض الامينية والاحماض الدهنية . الكالسيوم احد المكونات لجدر الخلايا بهيئة بكتات الكالسيوم وهو مطلوب كعامل مساعد في عمليات التحلل المائي للـ ATP والفوسفولبيدات .

المغنسيوم احد مكونات الكلوروفيل وهو مطلوب في عدد من الانزيمات التي تتضمنها عمليات نقل الفوسفات ذلك لانه مكون لانزيمات مختلفة (السايتوكروم ، الكاتيليز ، الدايستياز) . يؤدي الحديد دورا كجزء في عمليات الهدم الحيوية وتبعا لذلك فهو يعد كعنصر مفتاح في مختلف تفاعلات الردوكس للتنفس

والتركيب الضوئي واختزال النترات والكبريتات . يعد المنغنيز مكون لعدد من الكاتيونات المنشطة للانزيمات مثل Decarboxylases , Kinases , Oxidases......... الخ وهكذا فهو مهم لتكوين الكلوروفيل واختزال النترات وللتنفس . النحاس والزنك من االكاتيونات التي تنشط الانزيمات . البورون يساعد في عمليات نقل الكاربوهيدرات وهو مهم لعمليات انبات حبوب اللقاح وتكون الازهار والثمار وكذلك لامتصاص الكاتيونات . المولبيدنيوم مطلوب في عملية تمثيل النترات فضلا عن تثبيت النيتروجين الجوي . الكلورين يتضمنه تفاعل له علاقة بتصاعد الاوكسجين.

مظاهر النقص Deficiency Symptoms

حينما لا يكون المغذي موجود بكمية كافية فان نمو النبات سيتاثر حتما وليس بالضرورة تظهر على النباتات علامات نقص المغذيات بشكل مرئي الى حد معين من محتوى ذلك المغذي الا ان النمو يتاثر (تاثر النمو دون ظهور علامات خارجية) وهذه الحالة تسمى بالجوع المخفي (hidden hunger) وعندما يكون مستوى المغذي لا يزال في حالة نزول فان النبات ستظهر عليه خصائص علامات النقص وهذه العلامات او المظاهر تختلف باختلاف المحصول الا ان نمطا عاما لها . وهذه عموما ربما تكون مخفية بتاثيرات الامراض او الاجهادات الاخرى التي يتعرض لها النبات لذا نحتاج الى عناية وصبر لكي نلاحظ تلك المظاهر على عدد كبير من النباتات في الحقل لتحديد علامات نقص المغذي التي تعطي نموذجا دقيقا و واضحا لتاثيرات نقص المغذي . ان مظاهر وعلامات النقص تظهر بشكل واضح مع الاوراق الاكبر والاقدم من العمر .

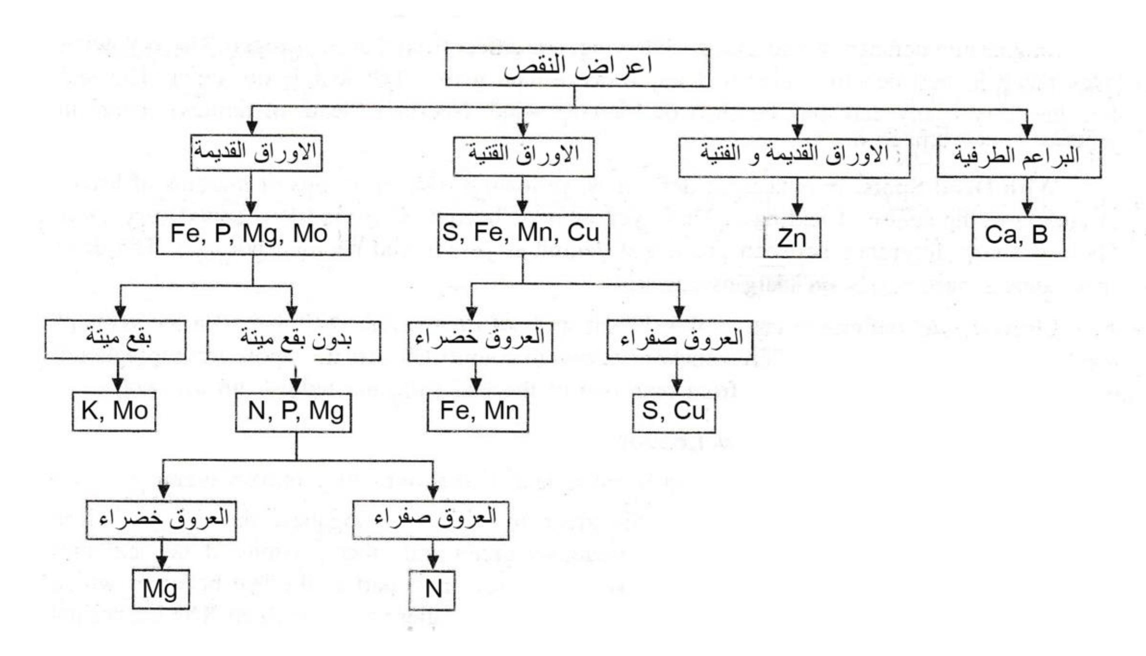
تشخيص مظاهر النقص Identification of Deficiency Symptoms

ان مظاهر نقص المغذي يمكن تحديدها على اساس :-

1- منطقة الحدوث .

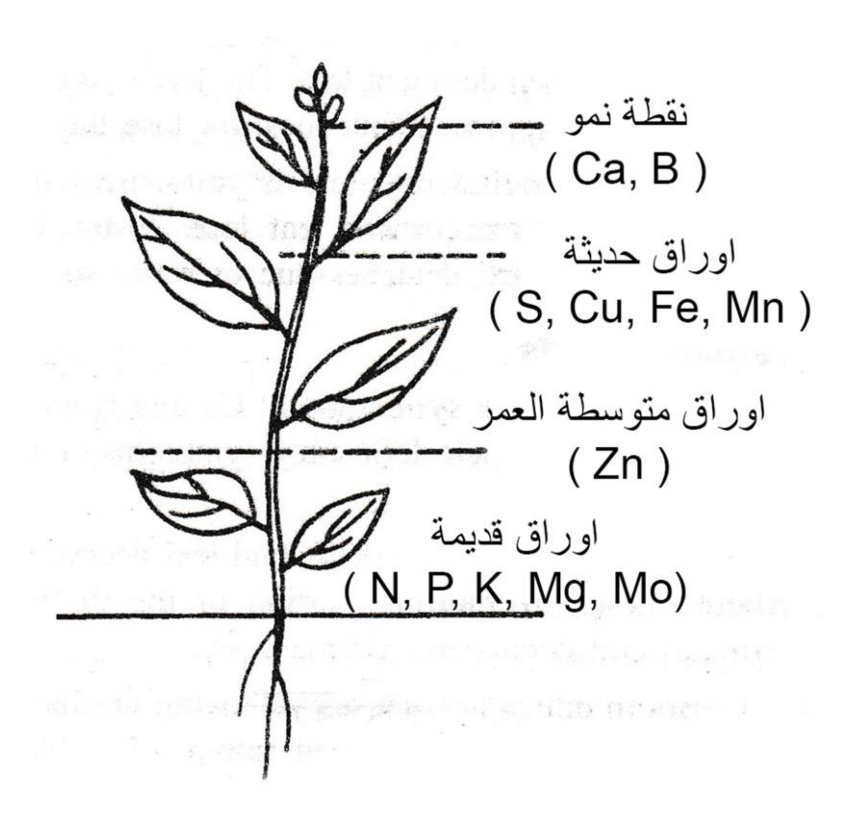
2- وجود او غياب البقع الميتة .

3- اختفاء اللون الاخضر لكل ورقة او بين العروق (شكل 4.10) .



شكل 4.10 تشخيص علامات نقص المغذيات

تعتمد منطقة ظهور نقص المغذي على حركية ذلك المغذي في النبات فمثلا اعراض نقص المغذيات (Mo , Mg , K , P , N) تظهر في الاوراق السفلي لان حركتها تكون داخل النبات من الاوراق السفلى باتجاه الاوراق الفتية وهكذا يحدث النقص في الاوراق السفلية كما مبين في **(5.10)**



شكل 5.10. يوضح منطقة حدوث مظاهر النقص

يعد عنصر الزنك ذو حركة خفيفة في النباتات لذا فان نقصه يظهر على الاوراق الوسطية . مظاهر النقص للمغذيات ذات الحركة الاقل (Ca , Mn , Fe , S) تظهر على الاوراق الحديثة بينما العناصر غير المتحركة (B , Ca) فان نقصها يظهر على البراعم الطرفية . اما نقص الكلور فهو الاقل شيوعا في النباتات .

مظاهر النقص على الاوراق القديمة

Deficiency Symptoms on Old Leaves

ان مظاهر النقص التي تظهر على الاوراق القديمة يمكن تمييزها على اساس وجود او عدم وجود البقع الميتة .

بدون وجود بقع ميتة Without Dead Spots

ان من صفات مظاهر نقص النيتروجين هو ظهور اللون الاصفر المتجانس على جميع اجزاء الورقة ليشمل حتى العروق وتصبح الاوراق صلبة ومنتصبة وخصوصا في الحبوبيات . الاوراق ربما تنفصل بمجرد قوة سحب بسيطة وذلك في حالة النقص الحاد للنيتروجين في المحاصيل من ذوات الفلقتين . محاصيل الحبوب تبدي شكل حرف V يظهر في النهايات المستدقة للاوراق السفلية .

في حالة نقص الفسفور فان الاوراق تبدو صغيرة ومنتصبة وذات خضرة داكنة مع تبرقش احمر ، تبرقش بني او اغصان تبدو ارجوانية كما ان الجانب الخلفي للاوراق يظهر عليه لون برونزي .

نقص المغنسيوم يسبب كذلك اصفرار لكنه يختلف عن ذلك الذي يسببه نقص النيتروجين ، فالاصفرار يحدث فيما بين العروق بينما تبقى العروق خضراء والاوراق لا تكون منتصبه وتنفصل الاوراق بسهولة جدا . التنكرز (Necrosis) الذي يعرف بانه موت الانسجة ويحدث في الحالات الحادة في حافات الاوراق .

مع وجود بقع ميتة With Dead Spots

في حالة نقص البوتاسيوم فان اصفرارا يبدأ من النهايات المستدقة او حافات الاوراق ويتوسع الى مركز قاعدة الورقة . هذه الاجزاء الصفراء تصبح منكرزة

(بقع ميتة) حالا . هناك فرق حاد بين الاخضر والاصفر والجزء المنكرز. البقع الميتة تظهر خصوصا على الحافات والنهايات المستدقة للاوراق .

نقص المولبيدنيوم يسبب بقع شفافة ذات اشكال غير منتظمة في المناطق بين عروق الاوراق وهذه البقع تكون ذات لون اخضر لماع او صفراء او بنية اللون . البقع المتاثرة تكون متشربة بمواد صمغية والتي تنضح في الجهة الاخرى للاوراق من البقع الحمراء البنية .

مظاهر النقص على الاواق الحديثة

Deficiency Symptoms on New Leaves

علامات النقص ربما تنتشر على كامل الورقة او تبقى العروق خضراء

بقاء العروق الخضراء Veins Remaining green

تبقى العروق الخضراء في حالة نقص المنغنيز والحديد . في حالة نقص الحديد فان العروق الرئيسية تبقى خضراء اما الجزء المتبقي من الورقة فياخذ بالاصفرار الى ان يبيض وتحت النقص الحاد فان اغلب اجزاء الورقة تصبح بيضاء اما في حالة نقص المنغنيز فان العروق الرئيسة فضلا عن العروق الثانوية تكون خضراء اما المناطق بين العروق فتكون صفراء ولا تتحول الى اللون الابيض كما ان بقعا ميتة تظهر في نهاية الامر وهناك ضلوع تظهر في الورقة .

العروق لا تبقى خضراء Veins not Remaining Green

تصبح الاوراق صفراء نتيجة لنقص الكبريت الا انها تشبه الاوراق التي تعاني من نقص النيتروجين . الاوراق تكون صغيرة والعروق تكون شاحبة قياسا بالمناطق

بين العروق ولاتظهر بقع ميتة ولا يفقد النبات اوراقه السفلية كما في حالة نقص النيتروجين .

في حالة نقص النحاس فان الاوراق تصفر ويتجه لون الاوراق الى البياض وفي حالة النقص الحاد فان العروق تفقد لونها كما ان الاوراق تفقد نظارتها وحيث ان الاوراق لا تستطيع المحافظة على انتفاخها مما يقود الى ذبولها .

البراعم الطرفية Terminal Buds

ان مظاهر نقص الكالسيوم والبورون تلاحظ بدرجة اكبر على الاوراق الفتية ومن السهولة تمييز ذلك . علامات النقص التي تظهر على البراعم الطرفية او نقاط النمو (growing points) بالمقارنة مع الاوراق الفتية .

في حالة نقص الكالسيوم فان البراعم الورقية تصبح ذا لون ابيض مع بقاء قواعد البراعم خضراء اللون وان حوالي ثلث الجزء الشاحب من النهايات المستدقة للاوراق والى الاسفل يصبح هشا وسريع الانكسار كما يحدث موت للبراعم الطرفية في حالة حصول نقص حاد .

نقص البورون يسبب اصفرار او شحوب الذي يبدأ من القواعد الى الاطراف المستدقة للاوراق وتصبح نهايات الاوراق اكثر استطالة لتكون تشبه السوط وتصبح بنية اللون او سوداء بنية ويحدث موت البراعم الطرفية في حالة النقص الحاد للبورون.

النقص على كلا الاوراق القديمة والاوراق الفتية

Deficiency on Both Old and New Leaves

في حالة نقص الزنك فان الاوراق تصبح صغيرة وضيقة وانصال الاوراق تصبح شاحبة وتبقى العروق خضراء ولاحقا تتطور بقع ميتة على كل الورقة بما فيها

العروق ، النهايات والحافات . في الحبوبيات فان نقص الزنك يظهر بشكل عام في 2 – 4 اوراق في القمة خلال المراحل الخضرية لنمو النبات وتظهر الاوراق متزاحمة نتيجة قلة استطالة السلاميات مما يقود الى فشل بزوغ السنابل بزوغا تاما او تبزغ بشكل جزئي .

مظاهر التسمم Toxicity Symptoms

عندما يتواجد المغذي في التربة بزيادة اكثر من متطلبات النبات فان امتصاص المغذي سيكون بكميات اعلى مما يسبب عدم توازن المغذيات او عدم انتظام الفعاليات الفسيولوجية . ان مظاهر التسمم لا تشبه مظاهر النقص وهي اقل شيوعا .

النيتروجين Nitrogen

زيادة النيتروجين تسبب تاخيرا في النضج وزيادة في العصارية ان التاثير العكسي لزيادة النيتروجين هو الاضطجاع واجهاض الازهار .

الفسفور Phosphorus

زيادة الفسفور تسبب نقصا في الحديد والزنك وفي بعض المحاصيل مثل الذرة الصفراء فان الاوراق تصبح قرمزية اللون ويتعرقل نمو النبات . في القطن تصبح الاوراق خضراء داكنة في لونها ويتاخر نضج الجوز وتتلون السيقان باللون الاحمر .

الحديد Iron

بقع صغيرة جدا بنية اللون تظهر على الاوراق السفلية للرز وتبدأ البقع من نهايات الاوراق وتنتشر باتجاه قاعدة الورقة . الاوراق عادة ما تبقى خضراء اما في حالة النقص الشديد فان الاورق تكون ذات لون ارجواني بني .

المنغنيز Manganese

النمو يتعرقل والفروع غالبا ما تكون محدودة ، بقع بنية تتطور على عروق انصال الاوراق واغمادها وخصوصا الاوراق السفلية يحصل التسمم بالمنغنيز في رز الاراضي المنخفضة .

البورون Boron

الشحوب يحصل في النهايات المستدقة للاوراق القمية وخصوصا على طول الحافات ، كما تظهر لاحقا بقع اهليليجية كبيرة وبنية داكنة الاوراق في النهاية تصبح بنية وتكون جافة تماما .

الاسمدة والدمن (المخلفات العضوية)Manures and Fertilizers

تفقد المغذيات النباتية من التربة بطرائق مختلفة . الكمية الاكبر من المغذيات يتم ازالتها من التربة نتيجة عمليات حصاد المحاصيل فهي ضمن مكونات المادة الجافة التي يتم حصادها . الادغال تزيل كميات لا باس بها من المغذيات النباتية في التربة تفقد المغذيات كذلك بعمليات الغسل والتعرية كما ان النيتروجين يفقد بعمليات التطاير (volatilization) وعكس النترجة (denitrification) . التربة هي مصدر مهم للمغذيات النباتية وعندما تكون متطلبات المحصول عالية اعلى من الطاقة التجهيزية للتربة فان المغذيات تضاف بشكل دمن (manures) او اسمدة كيميائية (fertilizers) .

الدمن Manures

الدمن هو مخلفات نباتية او حيوانية تستعمل كمصادر لتغذية النبات اذ تتحرر المغذيات بعد تحللها ويمكن ان يقسم الدمن الى مجموعتين هما :-

أ- الدمن العضوي الكمي Bulky Organic Manures .

ب-الدمن العضوي المركز Concentrated Organic Manures

الدمن العضوي الكمي Bulky Organic Manures

الدمن العضوي الكمي يحوي كمية صغيرة من المغذيات ويضاف بكميات كبيرة . مخلفات الحضائر التي تسمى Farmyard (FYM) ، الدمن الاعتيادي والدمن الاخضر هي الاكثر اهمية التي تستعمل على نطاق واسع كدمن عضوي كمي . ان لاستعمال الدمن العضوي الكمي مزايا عدة منها :-

1- تقوم بامداد النبات بالمغذيات والمتضمنة المغذيات النادرة .
2- تقوم بتحسين الخصائص الفيزيائية للتربة مثل تركيب التربة ومقدرتها على مسك الماء والنفاذية والمسامية .... الخ .
3- تساعد في زيادة جاهزية المغذيات .
4- يتحرر غاز ثاني اوكسيد الكاربون عند تحلل المادة الدمالية والذي يعمل كسماد CO_2 .
5- بعض المسببات المرضية كالنيماتودا والفطريات يتم السيطرة عليها الى حد ما ذلك من خلال تغيير توازن الكائنات الدقيقة في التربة .

دمن الحضائر Farmyard

دمن الحضائر يطلق على الخليط المتحلل للفضلات والبول الناتج عن حقول الحيوانات والمخلوط ببقايا المواد العلفية الخشنة والمتبقية من علف المواشي وكمعدل فان الدمن الحيواني المتحلل جيدا يحوي على 0.5% نيتروجين و 0.2% P_2O_5 و 0.5% K_2O . ان الطريقة التي يتبعها المزارعون في تحضير الدمن العضوي هي طريقة ناقصة وفيها خلل . البول الذي يطرح كفضلات يحوي 1% نيتروجين و

1.35% بوتاسيوم . ان النيتروجين الموجود في البول غالبا مايكون بهيئة يوريا والذي يتعرض الى عملية التطاير .

خلال عمليات الخزن غير المنتظم فان فقدا للمغذيات يحصل نتيجة لعمليات الغسل والتطاير وعلى اية حال عمليا من المستحيل تجنب الفقد لجميع المحتويات لكن يمكن تقليل عملية الفقد تلك من خلال تحسين طريقة تحضير الدمن الحقلي . اذ يحضر خندق بحجم 6 م الى 7.5 م طول ومن 1.5 الى 2 م عرض وبعمق 1 م فكل المخلفات الجاهزة والزائدة يتم خلطها بالتربة ونشرها في شقوق او حفر ليتم امتصاص البول وفي الصباح القادم فان المواد المنقوعة بالبول يتم جمعها و وضعها لتخلط مع الروث وتوضع في الخندق . ان مقطع الخندق من احد النهايات يجب ان يملئ يوميا بالمخلفات وعندما تملئ المقطع بارتفاع 45 – 60 سم فوق مستوى سطح الارض فان قمة الكومة تعمل بشكل قمة وتملج بطين الارض وتستمر العملية وعندما تملئ الخندق الاول تماما يحفر الخندق الثاني فيصبح الدمن جاهزا للاستعمال خلال اربعة الى خمسة اشهر بعد الملج .

اذا لم يتم جمع البول في الخندق يمكن جمعه على طول اثناء غسل حضيرة الابقار في حفر سمنتية والذي يضاف لاحقا الى حفر حاوية على دمن الحضيرة . هناك مواد كيميائية حافظة يمكن استعمالها لتقليل الفقد وتزيد من محتوى دمن الحضيرة ومن الكيميائيات الشائعة الاستعمال الجبس والسوبر فوسفات . الجبس يتم نثره فوق حضيرة المواشي والذي يقوم بامتصاص البول ويمنع تطاير اليوريا الموجودة في البول فضلا عن انه يضيف كالسيوم وكبريت . السوبر فوسفات كذلك تفعل فعلها بشكل مشابه للجبس من خلال تقليل الفقد وزيادة محتوى الفسفور .

هناك ارتباط موجب بين محتوى النيتروجين في دمن الحضائر الحيوانية وبسرعة تحلله والذي يعني ان المحتوى النيتروجيني القليل في التربة يؤخر التحلل المبكر للدمن الحيواني . على اية حال فان عدد من الدراسات لم تجد فائدة لاضافة

السماد النيتروجيني على تحلل دمن الحضائر . هذه الظاهرة تعود الى ان الاحياء الدقيقة تفضل النيتروجين العضوي . السماد النيتروجيني يتحرك خلال ساعات بعد اضافته على شكل مواد دبالية بوساطة تجمعات الاحياء الدقيقة في الترب ذات الدبال الوفير وان ذلك النيتروجين المتحرك يكون له قدرة تمعدن واطئة بعد موسم نمو واحد .

خلال موسم الشتاء لوحظ ان اعلى كثافة للتجمعات الفطرية في الالواح المعاملة بدمن الحضائر المعالج واقلها في الالواح المعالجة باستعمال قطع فضلات الابقار (المطال) في المواسم المطيرة فان اعلى كثافات للفطريات تلاحظ في الالواح المعاملة بالـ NPK واقل كثافات في الالواح المعاملة بفضلات الابقار (المطال) . مع الاخذ بنظر الاعتبار تاثير المستويات المختلفة من الدمن والاسمدة على الكثافات العددية للفطريات فان المعاملة بالـ (NPK) اظهرت اعلى كثافة عددية (12.50×10^4 cfu / غم تربة) ولقد وجد من خلال التحليل النوعي ان الـ Aspergillus niger , Penicillium sp. , A. flavus , Pythium sp. , Rhizopus sp. , Verticillium sp. كما ان هناك 4 الى 5 انواع فطريات حددت بشكل منفرد في الالواح المعاملة بدمن الحضائر اذ كانت هذه الفطريات متواجدة بشكل منتظم في الواح التجارب تلك . ومن بين تلك A. niger هو الاكثر غزارة مقارنة بالانواع الاخرى . وعموما فان فطريات المحيط الجذري تصل الى اعلى حد لها خلال 60 يوما للمحاصيل النامية ثم تهبط بعدها ذلك له علاقة يتصل مع طبيعة المعاملة المستعملة .

ومن الشائع فان اضافة الدمن تكون قبل 3 – 4 اسابيع قبل الزراعة الا ان من الافضل اضافة الدمن قبل الزراعة مباشرة وعموما فان 10 الى 20 طن / هكتار تضاف الا ان اكثر من 20 طن تضاف في حالة المحاصيل العلفية ومحاصيل الخضر وفي مثل هذه الحالة فان دمن الحضائر يجب اضافته ابكر بـ 15 يوم على الاقل ذلك لتجنب تطاير النيتروجين ان ترك الدمن بهيئة اكوام مكشوفة في الحقل ولمدة طويلة

تؤدي الى فقدان المغذيات وهذا الفقدان يمكن تقليله بنثر الدمن وخلطه حالا بالتربة بوساطة الحراثة .

محاصيل الخضر مثل البطاطا والطماطا والبطاطا الحلوة والجزر والفجل والبصل ..... الخ تستجيب بشكل جيد لدمن الحضائر ومن المحاصيل الاخرى التي تستجيب لدمن الحضائر هي قصب السكر والرز كما ان الحمضيات والموز هي الاخرى تستجيب جيدا لدمن الحضائر . الاستجابة لدمن الحضائر تعتمد على المحصول وعموما فان الدخن من بين اكثر محاصيل الحبوب استجابة لدمن الحضائر الا ان البقوليات لا تستجيب وبعد اضافة لمدة اربع سنوات لدمن الحضائر وجد ان زيادة في محتوى نيتروجين التربة قد بلغت 17 – 24 % والكاربون العضوي بنسبة 13 – 26 % والفسفور الجاهز بنسبة 67 – 85 % والبوتاسيوم بنسبة 42 – 79 % . الذرة البيضاء تستجيب الى اكثر من 10 – 15 طن دمن / هكتار مضافا لها 50% من متطلبات النيتروجين المعدني بهيئة سماد كيميائي والشئ نفسه فان اضافة 50% من متطلبات النيتروجين بهيئة يوريا مع دمن حظائر متوازن هي افضل من اضافة 100% من متطلبات النيتروجين بهيئة يوريا .

ان الكمية الكلية للمغذيات الموجودة في دمن الحضائر لا تكون جاهزة حالا اذ ان حوالي 30% من النيتروجين و 60 الى 70% من الفسفور و 70% من البوتاسيوم تكون جاهزة الاول يزرع المحصول بعد الاضافة .

الدمن المتحلل Compost

ان كتلة المادة العضوية المتفسخة والمتاتية من النفايات يطلق عايها دمن متحلل (compost) . الدمن المتحلل يتم عمله من النفايات الحقلية مثل بقايا البنجر السكري واغلفة الرز والادغال ونفايات نباتات اخرى يطلق عليها دمن حقلي متحلل. ان معدل

محتـوى المغـذيات للـدمن الحقلــي هـو 0.5% نيتـروجين و 0.15% P_2O_2 و 0.5% K_2O .

يمكـن زيـادة قيم محتـوى المغذيات مـن الـدمن الحقلـي المتحلـل باضـافة سـوبر فوسـفات او صـخر الفوسـفات بمقـدار 10 الـى 15 كغـم لكـل طـن مـن المـادة الخـام فـي مستهل بدء مرحلة ملئ حفرة الدمن . ان الدمن المتحلل الذي يصـنع مـن مخلفـات المـدن مثـل تربـة الليـل ، كنـائس الشـوارع والاغبـرة يحـوي 1.4 نيتـروجين و 1% P_2O_5 و 1.4% K_2O . يـتم تحضـير الـدمن المتحلـل وذلـك بوضـع النفايـات فـي خنـدق بحجـم مناسـب مـثلا 4.5 م الـى 5م طـول و 1.5م الـى 2.0 م عـرض و 1 م الـى 2 م عمـق . النفايات الحقلية توضع في الخندق طبقة فوق الاخرى وترطب كل طبقـة برشـها بـروث الابقـار او المـاء ويملـئ الخنـدق الـى ارتفـاع 5م فـوق الارض ليصـبح الـدمن جـاهز للاستعمال خلال خمسة الى ستة اشهر .

اضافة الدمن المتحلل يزيد الحاصل بمقدار 9% مقارنة بعدم الاضافة في تجربة طبقت لثلاث سنوات عدا سنة واحدة كانت الزيادة 2% محتوى ماء التربة بعمق التربـة من 0 الى 90 سم لم يتاثر باضافة الدمن المتحلل . نمو فول الصـويا فـي تربـة مصـلحة بالدمن المتحلل ادت الى اعطاء بذور ذات بروتين اقل بالمقارنـة مـع عدم اضـافة الـدمن وبدلا عن ذلك كان   في غير المصلحة اقل بمقدار 2 و 1% عن المصلحة .

تربة الليل Night Soil

هـي فضـلات الانسـان السـائلة والصـلبة وتكـون غنيـة بـالنيتروجين والبوتاسـيوم مقارنـة بـدمن الحضـائر ودمـن الحقـول المتحلـل تحـوي تربـة الليـل متوسـطات (5.5% نيتروجين و 4% P_2O_5 و 2% K_2O) .

مخلفات المجاري والغائط Sewage and Sludge

في الانظمة الحديثة فان عمليات تصريف المجاري المتبعة في المدن فان المجاري التي يختلط فيها الغائط مع الماء الذي يسمى مخلفات المجاري (Sewage) . ان الجزء الصلب من تلك المخلفات تسمى غائط والجزء السائل يسمى مخلفات مائية وان مكونني المخلفات هذين يتم فصلهما باحواض ترسيب وتخمير ومعالجة بالاكسدة وذلك لتقليل التلوث البكتيري وتقليل الروائح الكريهة .

دمن الديدان المتحلل Vermicompost

يحضر هذا الدمن بمساعدة ديدان الارض ويطلق عليه دمن الديدان . ديدان الارض ربما تكون من نوع محلي او اخر غريب اكثر قوة . ان ديدان الارض تستهلك كميات كبيرة من المادة العضوية وتفرزها الى التربة بهيئة نفايات . وزن المادة التي تمر خلال جسم الدودة كل يوم على الاغلب تساوي وزن الدودة نفسها . نفايات الدودة تحوي انزيمات عدة وتكون غنية بمغذيات النبات والبكتريا النافعة والمايكورايزا .

دمن الديدان المتحلل يتم عمله في نقر صغيرة باحجام مناسبة كان تكون 2م × 1م × 0.5 م في منطقة مظللة في الحقل . النفايات المختلفة في الحقل مثل روث الابقار وبقايا النباتات والادغال ..... الخ توضع في النقر بشكل طبقات وتضاف تربة لكل طبقة . ديدان الارض توضع على كل طبقة ويضاف لها الماء . ان الدمن يصبح جاهز خلال 2 الى 4 اشهر .

مزايا دمن الديدان :-

1- يكون غنيا بالمغذيات الكبرى والصغرى وكمعدل فانه يحوي 3% نيتروجين و 1% فسفور و 1.5% بوتاسيوم .

2- يكون اساس او قاعدة ممتازة لكائنات حية حرة نافعة واحياء دقيقة تكافلية . ولقد وجد ان اضافة دمن الديدان يزيد من كثافة الاحياء الدقيقة المثبتة للنيتروجين والاكتينومايسيز كما تزداد كثافة المايكورايزا على الجذور .
3- لوحظ ان نمو بعض النباتات يتشجع بوجود افرازات ديدان الارض .
4- هناك استجابة سريعة يمكن ان نحصل عليها من اضافة دمن الديدان مقارنة مع دمن الحضائر او الدمن الاعتيادي . الاضافة المتكاملة لدمن الديدان والسماد النيتروجيني والسماد الحيوي مثل Azospirillum والبكتريا الفوسفاتية زادت حاصل الرز بمقدار 15.9% مقارنة باضافة سماد النيتروجين لوحده .
5- وجود ديدان الارض يساعد على تهوية التربة .

الدمن الاخضر Green Manure

المواد النباتية الخضراء غير المتحللة والتي تستعمل كدمن يطلق عليها دمن اخضر ويتم الحصول عليه بطريقتين وذلك بزراعة محاصيل الدمن الاخضر او عن طريق جمع اوراق مع اغصانها من النباتات النامية في الاراضي المتروكة او الغابات او الحقول المسورة او الغابات . الدمن الاخضر عادة مايكون نباتات محاصيل تزرع في الحقل وعلى الاغلب تعود الى العائلة البقولية ويتم حراثتها وخلطها بالتربة بعد ان تصل الى مرحلة نمو كافية لذا تعرف المحاصيل التي تزرع للدمن الاخضر بانها محاصيل الدمن الاخضر (green munure plants) ومن اكثر المحاصيل اهمية في هذا الجانب هي الماش ، البرسيم ، اللوبيا ، الهرطمان ، السيسبان .... الخ . تمتاز محاصيل الدمن الاخضر بانها :-

1- ذا دورة حياة قصيرة ونمو اخضر كثيف ومادة جافة عالية . رخصية الثمن و لاتحتاج الى تقنيات معقدة لزراعتها وانتاجها غير مكلف .
2- تتحمل ظروف بيئية كالجفاف ونقص التغذية .

3- سريعة التحلل بعد حراثتها وخلطها بالتربة .

4- لاتترك اثار سلبية على المحاصيل اللاحقة كنقل الامراض والحشرات وافراز مواد مثبطة .

جدول 3.10. انتاج الكتلة الحيوية (biomass) وتراكم النيتروجين لمحاصيل العلف الاخضر

المحصول	العمر (باليوم)	المادة الجافة طن / هكتار	النيتروجين المتراكم كغم / هكتار
Sesbania aculeala	60	23.2	133
Sunnhemp	60	30.6	134
Cowpea	60	23.2	74
Pillipesara	60	25.0	102
Clusterbean	50	3.2	91
Sesbania rostrata	50	5.0	96

جدول 4.10. محتوى محاصيل الدمن الاخضر من المغذيات و دمن الاوراق الخضراء على اساس تجفيف هوائي

النبات	الاسم العلمي	محتوى المغذيات (%)		
		N	P_2O_5	K_2O
محاصيل الدمن الاخضر	*Crotalaria Juncea*	2.30	0.50	1.80
	Sesbania aculeate	3.50	0.60	1.20
	Sesbania speciosa	2.71	0.53	2.21
دمن	*Gliricidia sepium*	2.76	0.28	4.60

الاوراق الاخضر	*Pongania glarba*	3.31	0.44	2.39
	Azadiracta indica	2.83	0.28	0.35
	Delonix regia	2.76	0.46	0.50
	Peltophorum ferrugenum	2.63	0.37	0.50
الادغال	*Parthenium hystorophorus*	2.68	0.68	1.45
	Eichhornia crassipes	3.01	0.90	0.15
	Trianthema portulacastrum	0.64	0.43	1.30
	Ipomoea	2.01	0.33	0.40
	Calotrophis gigantean	2.06	0.54	0.31
	Cassia fistula	1.60	0.24	0.20

النيتروجين الذي يمكن تثبيته بوساطة محاصيل الدمن الاخضر البقولية نستطيع زيادته باضافة الاسمدة الفوسفاتية . هذا الفسفور الذي يكون جاهزا لتسريع نمو المحصول بعد تمعدن محصول الدمن الاخضر المخلوط بالتربة .

اضافة الاوراق الخضراء واغصان الاشجار والشجيرات والاعشاب التي يتم جمعها من أي مكان تسمى التدمين بالاوراق الخضراء (green leaf mauring) اوراق غابات الاشجار تعد مصدرا رئيسا لدمن الاوراق الخضراء . النباتات النامية في الاراضي المتروكة واطراف الحقول .... الخ تعد مصدرا اخر لدمن الاوراق الاخضر ومن الانواع النباتية التي تعد مصدرا نافعا للدمن الاخضر هي , neem mahua , wild indigo , glyricidia , karangi (*Pongamia glabra*) , Calotropis , avise (*Sesbania gradiflora*) , Subabul وشجيرات اخرى

هناك محاسن عدة نحصل عليها من اضافة الادمنة الخضراء لقد وجد ان تدمين التربة باستعمال السيسبان ادى الى زيادة حاصل الرز بنسبة 20% ، تدمين التربة بالدمن الاخضر يؤدي الى زيادة اعداد البكتريا .

دمن الاغنام والماعز Sheep and Goat Manure

فضلات حضائر الاغنام والماعز تحوي على مغذيات اعلى من دمن حضائر الابقار والجاموس والدمن الحقلي المتحلل (compost) وكمعدل فهو يحتوي 3% نيتروجين و 1% P_2O_5 و 2% K_2O وهو يصاف الى الحقل بطريقتين اما تجرف فضلات الاغنام والماعز وتوضع في حفر لغرض اكتمال تحللها ثم تضاف الى الحقل بعد اكتمال التحلل وفي هذه الطريقة فان المغذيات الموجودة في البول تفقد .

اما الطريقة الثانية فهي ابقاء فضلات الاغنام والماعز ليلا في الحقل اذ ان الفضلات الصلبة والسائلة تضاف مباشرة للحقل ويتم خلطها بالتربة لعمق ضحل بواسطة الاسنان الحفارة او الامشاط الدوارة وهكذا فان التحلل يحصل مباشرة في الحقل المراد زراعته .

دمن الدواجن Poultry Manure

يحوي دمن الدواجن على نسبة عالية من النيتروجين والفسفور مقارنة بانواع الدمن العضوي الكمي الاخرى . ان معدل المحتوى من المغذيات هي 3.03% نيتروجين و 2.63% P_2O_5 و 1.4% K_2O واذا ماترك مكشوف فان 50% من النيتروجين يفقد خلال ثلاثون يوما . ان اعادة اضافة مخلفات الدواجن الى اراضي المحاصيل يقود الى بناء الفسفور والعناصر الاخرى في مقد التربة . مخلفات الدواجن تديم درجة تفاعل التربة وتعد مصدر جيد لانتاج الاسمدة الغنية بالعناصر

الدمن العضوي المركز Concentrated Organic Manure

الدمن العضوي المركز يحوي تراكيز عالية من المغذيات بالمقارنة مع الدمن العضوي الكمي ومن نواتج الدمن العضوي المركز المهمة مخلفات المحاصيل الزيتية بعد العصر ، الدم ، دمن الاسماك .... الخ وتعرف هذه الاسمدة على انها اسمدة نيتروجينية عضوية وقبل استعمال هذه الاسمدة النيتروجينية من قبل المحاصيل يتم تحويلها من خلال النشاط البكتيري الى صيغ قابلة للاستعمال بهيئة امونيوم ونيتروجين بهيئة نترات لذا فان تلك الاسمدة العضوية تكون بطيئة الفعالية نسبيا الا انها تجهز النيتروجين على مدى فترات طويلة .

الكسبة الزيتية Oil Cakes

بعد ان يتم استخلاص الزيوت من البذور الزيتية فان الجزء الصلب المتبقي يجفف بشكل قوالب يمكن ان تستعمل كدمن و كسبة الزيوت تكون بنوعين هما :-

1- كسبة قابلة للاستعمال كعلف للحيوانات مثل كسبة زيت النخيل وكسبة فستق الحقل .... الخ .
2- كسبة غير قابلة للاستعمال كعلف للحيوانات .

ان كلا النوعين يمكن استعماله كدمن . وعموما فان الكسبة المناسبة كعلف تستعمل لتغذية الابقار والجاموس والاغنام والكسبة غير المناسبة كعلف تستعمل كدمن للمحاصيل البستنية . ان المغذيات الموجودة في الكسبة بعد التمعدن التي تكون جاهزة للمحاصيل بعد 7 الى 10 يوم بعد الاضافة وهناك حاجة لسحق الكسبة وجعلها مسحوقا قبل استعمالها لكي تتوزع بشكل جيد وتتحلل بسرعة .

مستخلص الدم ايضا يجفف ويطحن بهيئة مسحوق وتستعمل كدمن . ان لحم الحيوانات الميتة يجفف ايضا ويحول الى دمن ويعد مصدرا جيد للنيتروجين .

الاسمدة Fertilizers

الاسمدة يتم تصنيعها معمليا وهي كيميائيات حاوية على مغذيات للنباتات وتمتاز الاسمدة باحتوائها على نسبة عالية من المغذيات بالمقارنة مع الدمن العضوي فضلا عن ان مغذياتها تمتاز بتحررها السريع لتكون جاهزة حال اضافتها و ذوبانها في الماء وتعد سهلة النقل والتداول ولاتحمل مسببات مرضية وتمتاز بسهولة اضافتها وتوزيعها وبطرائق عدة .

تصنيف الاسمدة Classification of Fertilizer

تصنف الاسمدة الى اسمدة خالصة (straight) او معقدة (complex) او مخلوطة (mixed) . الاسمدة الخالصة هي التي تمد النبات بمغذي رئيسي واحد فقط كالنيتروجين او الفسفور او البوتاسيوم وتعد اسمدة اليوريا وكبريتات الامونيوم وكلوريد البوتاسيوم وكبريتات البوتاسيوم الامثلة على الاسمدة الخالصة . اما الاسمدة المعقدة فهي التي تحوي على اثنين او ثلاثة من المغذيات الاولية التي توضع في توليفة كيميائية وهذه الاسمدة عادة ماتنتج بشكل حبيبات ، ثنائي فوسفات الامونيوم الثنائية (DAP) وفوسفات النيتروجين وفوسفات الامونيوم تعد اسمدة معقدة . اما الاسمدة المخلوطة فهي تنتج من خليط فيزيائي لنوعين او اكثر من الاسمدة الخالصة ولذا فهي تحوي اثنين او ثلاثة من المغذيات الاولية ، الاسمدة المخلوطة تخلط مكوناتها اما ميكانيكيا او يدويا .

تصنف الاسمدة كذلك الى اسمدة واطئة التحلل او عالية التحلل على اساس تركيز المغذيات الاولية (NPK) فيها ، فالاسمدة الواطئة التحلل تحوي بالاقل على 25% من المغذيات الاولية ، سوبر فوسفات الاحادي (16% P_2O_5) ونترات شيلي او نترات الصوديوم (16%N) هي بعض انواع الاسمدة الواطئة التحلل اما اذا كان

المجموع الكلي لمحتوى المغذيات الاولية اكثر من 25% فيعد السماد عالي التحلل ومن الامثلة عليها اليوريا (64% N) والامونيا اللامائية (82.2 % N) وفوسفات الامونيوم (20% N + 20% P_2O_5) وفوسفات الامونيوم الثنائية (DAP) تحوي على (18% N + 46% P_2O_5) .

كما يمكن تصنيف الاسمدة على اساس الطبيعة الفيزيائية الى اسمدة صلبة (solid) او سائلة (liquid) وتكون اغلب الاسمدة بهيئة صلبة التي تكون على اشكال عدة فمنها ماتكون بهيئة مسحوق مثل (سوبر فوسفات الاحادية) او بلورات (كبريتات الامونيوم) او حبيبات ناعمة (اليوريا وفوسفات الامونيوم الثنائية ، السوبر فوسفات) او حبيبات خشنة (الحبيبات الهولندية) والحبيبات الفائقة (supergranules) او قوالب (قوالب اليوريا) . بعض الاسمدة تكون بهيئة سائلة اذ تضاف مع مياه الري او الاضافة المباشرة والاسمدة السائلة تكون على نوعين هما

1- اسمدة سائلة صافية .
2- اسمدة سائلة معلقة .

عندما تذوب الاسمدة النيتروجينية والفوسفاتية والبوتاسية ومواد سمادية اخرى ذوبانا تاما في الماء فان تلك الاسمدة يطلق عليها اسمدة سائلة صافية ، اما الاسمدة السائلة المعلقة فهي تلك الاسمدة التي تبقى فيها بعض المواد السمادية معلقة بهيئة دقائق صغيرة جدا .

تصنف الاسمدة كذلك على اساس محتواها من المغذيات الى مثلا اسمدة نيتروجينية او اسمدة فوسفاتية او اسمدة بوتاسية او اسمدة بورون .... الخ .

حامضية وقاعدية الاسمدة Acidity and Basicity of Fertilizers

اضافة الاسمدة تعمل على زيادة الحامضية او القاعدية للتربة اعتمادا على طبيعة السماد المضاف ، فالاسمدة التي تترك بقايا حامضية في التربة تسمى اسمدة

ذات صيغة حامضية . كمية كاربونات الكالسيوم المطلوبة لمعادلة البقايا الحامضية تسمى مكافئ الحامضية (جدول 5.10) على سبيل المثال 100 كغم من كبريتات الامونيوم ينتج عنها حامضية تحتاج الى 110 كغم كاربونات الكالسيوم لمعادلتها لذلك فان مكافئ الحامض لكبريتات الامونيوم هو 110 لذا ينصح باضافة الاسمدة الحامضية الى التربة القلوية .

جدول 5.10. مكافئات الحامض للاسمدة ذات الصيغة الحامضية

السماد	المكافئ الحامضي
كلوريد الامونيوم	128
كبريتات الامونيوم	110
كبريتات الامونيوم النتراتية	93
فوسفات الامونيوم	86
اليوريا	80

اما الاسمدة التي لها متبقيات قلوية في التربة فتسمى اسمدة ذات صيغة قلوية او اسمدة قاعدية وهناك اسمدة قاعدية عدة وكما مبين في الجدول (6.10) ادناه .

جدول 6.10 . المكافئ القاعدي للاسمدة القاعدية

السماد	المكافئ القاعدي
نترات الصوديوم	29
نترات الكالسيوم	21
سيانيد الكالسيوم	63
فوسفات الكالسيوم الثنائية	25

درجة السماد Fertilizer Grade

درجة السماد تعبر عن اقل نسبة مضمونة من النيتروجين (N) والفسفور (P_2O_5) والبوتاسيوم (K_2O) تحويه المادة السمادية ، فالارقام الموجودة على عبوة السماد التي تعبر عن درجة السماد وهذه الارقام تكون مفصولة بتطريز ومكتوبة بالترتيب N ثم P_2O_5 ثم K_2O فعلى سبيل المثال العلامة الموجودة على عبوة السماد بدرجة 0 – 28 – 28 تعني ان 100 كغم من المادة السمادية تحوي على 28 كغم نيتروجين و 28 كغم P_2O_5 و لاتحوي بوتاسيوم وهناك انواع مختلفة من درجات السماد ومتوفرة في الاسواق المحلية 0 – 27 – 27 ، 18 – 18 – 18 ، 20 – 20 – 20 ، 15 – 15 – 15 ، 0 – 20 – 20 .... الخ .

الاسمدة النيتروجينية Nitrogenous Fertilizers

المواد السمادية الحاوية على النيتروجين تسمى اسمدة نيتروجينية وربما تحوي على مغذي ثانوي مثل الكالسيوم او الكبريت .

تصنيف الاسمدة النيتروجينية Classification of Nitrogenous Fertilizers

تصنف الاسمدة النيتروجينية الى اربع مجاميع على اساس الصيغة الكيميائية للنيتروجين في السماد ، فالسماد الحاوي على نيتروجين بصيغة نترات (NO_3) يسمى سماد نتراتي ومن الامثلة على الاسمدة النتراتية نترات الصوديوم ($NaNO_3$) ونترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ ومن الخصائص العامة للاسمدة النتراتية هي :-

1- ذات حركة عالية في التربة .
2- سريعة الذوبان وتتعرض للغسل .

3- تتعرض لعكس النترجة في الترب الغدقة والترب رديئة التهوية .

4- تزيد قلوية التربة لانها تعد اسمدة قاعدية .

اما الاسمدة النيتروجينية الحاوية على نيتروجين بصيغة امونيوم تسمى اسمدة امونياكية ومن الخصائص العامة لهذه الاسمدة هي :-

1- سهلة الجاهزية للنبات لانها تذوب بسرعة في الماء .

2- تعرضها للغسل يكون اقل من النتراتية لان ايون الامونيوم يمدص على معقد الطين .

3- ذات تاثيرات حامضية على التربة لانها اسمدة حامضية الصيغة

هذه الاسمدة مناسبة للاراضي المغمورة . من الاسمدة الامونياكية هي كبريتات الامونيوم $(NH_4)_2SO_4$ الذي يحوي (20% N) وكلوريد الامونيوم NH_4Cl الذي يحوي 33% الى 43% N ونترات الامونيوم الكلسية $CaNH_4NO_3$ (20% N) .

اسمدة الامايد تحوي نيتروجين بصيغة امايد (amide) . هذه الاسمدة تعرف كذلك على انها اسمدة عضوية لانها تحوي على ذرات الكاربون . النبات يستطيع اخذ النيتروجين بصيغة امايد ويحوله الى نترات او امونيوم لينتفع منهما النبات عموما . ومن اسمدة الامايد هناك نوعين هي اليوريا $CO(NH_2)_2$ (46% N) وسيانيد الكالسيوم $Ca(CN)_2$ (21% N) .

الاسمدة النيتروجينية بطيئة التحرر

Slow Release Nitrogenous Fertilizers

الاسمدة النيتروجينية عالية الذوبان في الماء لذلك فهي تتعرض للغسل اذ ان في حقول الرز النامي في الماء فان الفقد نتيجة البزل العميق تصل نسبته 60 – 70% من

متطلبات الماء الكلي . للتغلب على مشكلة الغسل فان ذوبانية الاسمدة النيتروجينية تقلل بوساطة :-

1. تخليق مركبات تقلل الذوبان مثل (Isobutylidene diurea (IBDU (N %32.2) Crotonilidene diurea (CDU) (N %32.5).
2. تغليف حبيبات اليوريا بالكبريت مثلا او Shellack لتغليف اليوريا و روث الابقار (المطال) لتغليف اليوريا .

البوراكس والجبس يمكن ان يستعمل للتغليف لتقليل سرعة تحرر اليوريا في اراضي الرز المنخفضة ومن مواد التغليف تلك يعد البوراكس اكثرها كفاءة ويعمل على زيادة حاصل الرز .

موانع النترجة Nitrification Inhibitors

خلال عملية التمعدن تتحول الامونيوم الى نترات بوساطة بكتريا *Nitrosomonas* . النترات تتعرض للغسل والفقد بعكس النترجة وخاصة في الترب المغمورة وهذا الفقد يمكن تقليله بوساطة تثبيط النترجة باستعمال كيميائيات معينة التي تعرف بمثبطات النترجة (Nitrification Inhibitors) ومن هذه المواد Dicyan diamide , Thiourea , AM , Nserve , Nitapyrin , ST ..... الخ

مصير الاسمدة المضافة Fate of Applied Fertilizers

النيتروجين المتحرر من مصادر النيتروجين العضوية يسيطر عليه من قبل محيط التربة وخاصة الحرارة والرطوبة . نسبة النيتروجين المتحرر في ثلاثة اشهر مع قابلية احتفاظ بالماء بنسبة 50% ودرجة حرارة 15 و 10 م^0 نهار / ليل هي 91% لليوريا و 37% لمخلفات الدواجن . يزداد تحرر النيتروجين بزيادة درجات الحرارة والرطوبة من مخلفات الدواجن لكنها لاتؤثر على اليوريا .

اعادة التغطية للنيتروجين (recovery) بوساطة محصول الرز من نيتروجين اليوريا هي بمعدل يتراوح بين 16 الى 45% .

التحلل المائي لاسمدة اليوريا المضافة للترب الرملية تاخذ من 4 الى 7 يوم . في الترب الحامضية اضافة الجبس تزيد التمعدن للنيتروجين . زراعة المحاصيل خاصة الذرة الصفراء تزيد من تحرر النيتروجين اللاعضوي . فقدان النيتروجين بصيغة النترات ($NO_3 - N$) من التربة يكون اقل في حالة وجود نباتات الذرة الصفراء .

محتوى التربة من النيتروجين العضوي يزداد تدريجيا باضافة كبريتات الامونيوم اذ ان حوالي 50% من نيتروجين الامونيوم المضاف بهيئة كبريتات الامونيوم يتحول الى صيغة عضوية واضافة نترات البوتاسيوم يكون حوالي 27% بصيغة لاعضوية .

تحرر $NH_4 - N$ و $NO_3 - N$ من اليوريا يكون اعلى مع اضافة الجبس بمستويات عالية في الترب المالحة . اضافة الدمن الاخضر يقلل من فقد النيتروجين من مصادر النيتروجين المعدنية . اضافة مخلفات الدواجن مع اسمدة النيتروجين للتربة يقلل محتواها من $NO_3 - N$ ويغسل بنسبة 25% .

الغسل Leaching

تختلف جاهزية النيتروجين باختلاف السنين ويعود ذلك بالدرجة الرئيسية الى التغايرات في معدلات سقوط الامطار ، ففي السنوات الرطبة فان غسل النيتروجين يحدث اذ يفقد الغسل الموسمي الذي يسبب فقدان النيتروجين من الترب الطينية بحوالي 13 كغم نيتروجين / هكتار . الجزء الرئيس من النيتروجين المغسول ينشأ عن تمعدن المادة العضوية بدلا من الاسمدة المضافة . في دراسة على غسل النترات في تربة مزيجية غرينية مع محصول الذرة الصفراء على اساس نظام محصولي لمدة 11 سنة اشارت تلك الدراسة الى ان كمية النيتروجين المغسول كان تشابهت مع النيتروجين

اللاعضوي او مزيج النيتروجين العضوي واللاعضوي . اذ كانت كمية النيتروجين اللاعضوي المغسول حوالي 40% من السماد المضاف وفي دراسة اخرى وجد ان فقدان النيتروجين في حقل الذرة الصفراء كان 20% من السماد المضاف .

التطاير Volatilization

كفاءة النيتروجين في الرز الاستوائي منخفضة اذ ان اعادة تغطية (recovery) نادرا ماتزيد عن 30 – 40 % وفي نظم انتاج الرز في الاراضي الرطبة فان تطاير الامونيا وعكس النترجة يمكن ان تكون احدى الاليات الرئيسية لفقدان النيتروجين . لقد وجد ان اعظم فقد من النيتروجين يحدث حينما تقود اضافة السماد الى تركيز عالي للنيتروجين الامونياكي في الاراضي المغمورة بالمياه . يعد تطاير الامونيا عملية الفقد الاكثر اهمية في النظام البيئي للرز في الاراضي الرطبة .

عكس النترجة Denitrification

لقد وجد ان تدفق النيتروجين ($N_2 + N_2O$) والمقاس مباشرة من حقول الرز كان اقل من 1% من النيتروجين المضاف . عملية خلط الدمن الاخضر مع التربة يقلل من فقدان النيتروجين من المصادر المعدنية . ان اوكسيد النيتروجين (N_2O) يتاثر بالمتغيرات المناخية العالمية . الانبعاث الموسمي لاوكسيد النتروز يتراوح بين 1.41 الى 3.94 كغم N_2O-N / هكتار وان الكمية الاعلى التي تم تقديرها كانت من مخلفات الدواجن . الامونيا (NH_3) ، اوكسيد النتريك (NO) واوكسيد النتروز (NO_2) و اوكسيد النتروجين الثنائي (N_2O) والنيتروجين (N_2) تزداد وهي الغازات النيتروجينية التي تتحرر خلال عملية التمعدن .

اضافة الاسمدة النيتروجينية تعمل على زيادة كمية الغازات النيتروجينية في هواء التربة كما ان اضافة اليوريا ينتج عنها اعلى تركيز للغازات النيتروجينية . تم

قياس فقدان النيتروجين في عينات مختلفة وكانت بمدى يتراوح بين 1.2 – 2.7 % من جرعات السماد المضافة . عملية التحول الكلية للسماد تحدث خلال 11 يوم بعد توزيعها لحقل الحنطة . تركيب الغازات النيتروجينية يتغير خلال مراحل نمو المحصول ويعتمد ذلك على صيغة النيتروجين المضاف .

ان من غازات البيوت الزجاجية يزداد N_2O ضمن الكمية الكلية للغازات النيتروجينية التي تحبس ومع جميع صيغ النيتروجين وتقل هذه عندما تكون رطوبة التربة عالية ومن ضمن الغازات النيتروجينة المختبرة لوحظ ان N_2 كان الاعلى و N_2O كان الاقل .

الكاربون المتحرر من الجذور يقدر بـ 12% (210 كغم C / هكتار) من كمية الكاربون المثبت من قبل الذرة الصفراء خلال اربعة اسابيع و 5% في النضج عندما تكون الجذور قد حررت ما مجموعة 1135 كغم C / هكتار . وجود نباتات الذرة الصفراء يزيد من الفقد بعكس النترجة من التربة بحوالي 19 الى 57% (متوسط 39%) خلال مراحل النمو المبكرة عندما يتعاظم تحرر الكاربون من الجذور .

الاستجابة للنيتروجين Response of Nitrogen

اضافة النيتروجين يؤدي الى زيادة كل من محتوى الاوراق من النيتروجين ومحتوى الكلوروفيل وان معدل التركيب الضوئي له علاقة وثيقة بمحتوى الاوراق من النيتروجين ومحتواها من الكلوروفيل لذا فان اضافة النيتروجين يؤدي الى زيادة المساحة الورقية ومعدلات التركيب الضوئي وهكذا يزداد انتاج المادة الجافة . اضافة النيتروجين للمحاصيل وخاصة محاصيل الحبوب يزيد من ارتفاع النبات ومساحة الاوراق وكذلك يزيد من محتوى الاوراق من النيتروجين فضلا عن الكلوروفيل والكاروتينويدات التي يتبعها زيادة التركيب الضوئي للورقة وبالتالي للخيمة النباتية .

لقد وجد ان اضافة النيتروجين تحسن عملية التركيب الضوئي لاوراق القطن اذ تزداد فعالية التفاعل الضوئي الثاني (PSII) واعلى كفاءة ضوئية كيميائية ومكافئات التفاعل الضوئي الثاني (PSII) لاخماد التوهج الكيميائي اللاضوئي . اضافة النيتروجين تزيد من معدل انتقال الالكترونات للتركيب الضوئي وحاصل كوانتم للضوء ويقلل من تبديد الطاقة اللاشعاعية .... وهكذا فان مزيدا من الضوء الذي ستمتصه الورقة سيتم الانتفاع به في عملية التركيب الضوئي الا ان التحسن في استعمال الضوء يعتمد على الصنف المزروع .

الاضافة الكثيرة والمتاخرة من الاسمدة النيتروجينية لبعض انواع الحبوبيات كالرز تؤدي الى احتفاظ الاوراق باخضرارها لمدة اطول وتزيد من دليل المساحة الورقية وان عدد اكبر من الحبوب سيتم ملئه كلما زاد عدد الاوراق الخضراء على الساق كما ان عدد الحبوب الممتلئة / الداليا في الاشطاء المتاخرة في تكوينها تزداد نتيجة للنيتروجين العالي . موت الفروع المتاخرة يقل ويزداد عدد الفروع الفعالة لذا فان حاصل الحبوب للرز يرتبط معنويا بدليل المساحة الورقية ومدة بقاء المساحة الورقية فعالة .

لقد وجد انه عندما تكون درجة الحرارة خلال موسم النمو دافئة لتناسب نمو الذرة الصفراء تزداد الاستجابة لزيادة النيتروجين اذ ازداد الحاصل بنسبة 60% و كما ازداد محتوى النيتروجين بنسبة 75% . وكانت نسبة الانتفاع من النيتروجين المضاف بمقدار 35% للحبوب و 15% لبقايا بينما بقيت 30 % في طبقة 60 سم من التربة في نهاية موسم النمو . تزداد الاستجابة لاضافة النيتروجين تحت الظروف المناخية الملائمة ويقل الفقد بينما تسبب زيادة الامطار مزيدا من الضياع في النيتروجين وخاصة في الترب الضحلة والخفيفة وعندما تكون الجذور محدودة في عمق لا يزيد عن 50 سم . وجد ان ضياع النيتروجين من اليوريا المضافة كان اكثر بثلاث مرات في الترب الضحلة مقارنة بالترب العميقة . عزيت هذه الاختلافات الى ان عملية حفظ

النيتروجين كانت اعلى في الترب العميقة اذ يسبب الغسل خارج المنطقة الجذرية تقليلا في عملية استعادة (recovery) في الترب الضحلة . التوصيات السمادية للنيتروجين يجب ان تأخذ بنظر الاعتبار عملية ضبط الاضافة على اساس الامطار المبكرة في موسم النمو وتجنب مصدر السماد النتراتي .

النيتروجين والامراض Nitrogen and Diseases

لقد وجد ان هناك زيادة في مرض لفحة سنابل الحنطة الفيوزارمي بزيادة جرعة النيتروجين من 0 الى 160 كغم N / هكتار . كما ان نسب السنابل المصابة ازدادت من 2.2 % عند عدم اضافة السماد النيتروجيني الى 6.6% باضافة 160 كغم N / هكتار . على اية حال فان حاصل الحبوب كان معنويا اعلى باضافة 160 كغم N / هكتار مقارنة بالجرعات الاقل لذا فان ستراتيجية تقليل السماد النيتروجيني للسيطرة على الامراض تعد غير اقتصادية احيانا .

تزداد شدة مرض الصدأ في الحنطة بزيادة جرعات النيتروجين . كما وجد ان الجرعات العالية من النيتروجين والبوتاسيوم تزيد من امراض محصول الشليك مقارنة بالفسفور والكالسيوم ولو ان زيادة جرعات النيتروجين والفسفور تزيد من انتاج لمادة الجافة للشيلك .

Seclerotium rolfsii المرض المتسبب عن فطريات التربة عندما ينمى على وسط سائل فانه انتفع من كبريتات الامونيوم وكبريتات الكالسيوم دون اليوريا وفي وسط صلب فان الاسمدة النيتروجينية تثبطت نمو مايسليوم فطر *Seclerotium rolfsii* عندما اضيفت كمية 12 غم من النيتروجين في المتر المربع وتعد اليوريا مثبط قوي للفطريات وبالمقابل فان *Trichoderma harzianum* تقوم بتمثيل كل السماد الا انها تفضل كبريتات الامونيوم . اضافة الاسمدة النيتروجينية تعمل على تحفيز فطري *Seclerotium rolfsii* و *Trichoderma harzianum* . دمن الخيول

بمعــدلات عاليــة تثــبط نمــو *Seclerotium rolfsii* يفضــل نمــو وتطــور *Trichoderma harzianum* وحث تاثيرها التضادي على *Seclerotium rolfsii*.
تسميد التربة باليوريا والدمن يقلل من نمو *Seclerotium rolfsii* .

التغيرات التي تحدث في احياء التربة الدقيقة سببها اضافة الدمن العضوي والدمن الاخضر والشئ نفسه فان اعداد الفطريات المتوالدة في التربة كذلك تتغير نتيجة لتغير درجة تفاعل التربة . مرض تدبب الجذور في الصليبيات (clubroot) يسببه فطر *Plasmodiophora brassicae* الذي يتوالد في التربة اذ ان من الصعب السيطرة عليه لان الفطر يستطيع البقاء في التربة لوقت طويل بهيئة سبورات سابتة . اضافة دمن الحضائر يخمد المرض والشئ نفسه اذ ان زيادة درجة تفاعل التربة باضافة هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ او كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ او هيدروكسيد البوتاسيوم KOH تخمد تلك الاصابة بينما تحميض التربة باضافة حامض الكبريتيك تزيد من الاصابة .

النيتروجين والافات Nitrogen and Pests

توسع الاوراق وكيمياء الاوراق يتاثران بالاسمدة النيتروجينية ولقد افترض ان سلوك تغذية الحشرات تعتمد على كيمياء الورقة . النيتروجين الكلي للورقة نيتروجين البروتين الكلي الذائب والكلايكوسيد الفينولي الكلي وتركيز السالبين (salicin) تعد من الخصائص الكيميائية المهمة للورقة التي تؤثر في سلوك التغذية للحشرات اكلات الاوراق ولذا فان التغيرات في كيميائية الورقة الذي يتسبب بوساطة اضافة الاسمدة النيتروجينية ليس له علاقة مباشرة بتغذية الحشرات وانما بتلك التغيرات .

خصـائص الاسـمدة النيتروجينيـة Properties of Nitrogenous Fertilizer

اليوريا :- تعد اليوريـا اكثـر انـواع الاسمدة النيتروجينيـة اسـتعمالا وتصـنع عـن طريـق تفاعل الامونيـا مـع ثـاني اوكسيد الكـاربون تحـت ضـغط وحـرارة عـاليين . تعـد اليوريـا الاعلـى فـي محتواهـا مـن النيتـروجين مـن بـين جميـع الاسـمدة النيتروجينيـة الصـلبة (N %46) وعندما تضاف الى التربة تتحلل الى كاربونات الامونيوم .

$$CO(NH_2)_2 + H_2O \xrightarrow{Ureae} (NH_4)_2CO_3$$

يحدث التفاعل باعلى سرعة بوجود انزيم اليوريز (urease) وتعد كاربونات الامونيوم مركب غير مستقر سرعان ما يتحلل الى امونيوم وثاني اوكسيد الكاربون لذلك تتحرر الامونيوم ويتم امتصاصها من قبل النبات اوتمدص على معقد الطين . عندما تضاف اليوريا الى سطح التربة القلوية الرطبة فان فقدا بالتطاير سيحصل لها بهيئة امونيا لذا يجب ان تضاف اليوريا ويروى الحقل مباشرة لكي تذورب اليوريا وتنزل مع الماء الى داخل التربة وتمنع عملية التطاير . ان درجة سماد اليوريا يجب ان يحوي على كميات متغيرة من البيوريت التي تتشكل بواسطة اندماج جزيتين من اليوريا في عملية التصنيع . البيوريت مادة سامة للنباتات عندما تزيد نسبتها في السماد عن 2% لذا فان جودة السماد تعتمد في احد جوانبها على نسبة البيوريت .

الصيغ المحورة من اليوريا Modified Forms of Urea

توضع اليوريا في مناطق محددة (مختزلة) في الترب المغمورة لتقليل الفقد بالتطاير وعكس النترجة ولتسهيل وضع السماد في اعماق اكبر تصنع اليوريا بهيئة حبيبات فائقة او قوالب او خلطة مع الطين وتصنيعه بهيئة كرات ذلك لتقليل عملية الفقد

بعملية عكس النترجة او تستعمل قوالب روث الحيوانات (المطال) لتغطية حبيبات اليوريا وتحضر اليوريا المغلفة بالروث بالطريقة الاتية :-

يذوب قطران الفحم في النفط الابيض بوساطة الحرارة ويرش سائل القطران على اليوريا ويخلط الى ان تتكون طبقة خفيفة قطرانية حول حبيبات اليوريا واخيرا يرش مسحوق روث الحيوانات وتخلط مع اليوريا الذي يلتصق بحبيبات اليوريا بالقطران . يحضر مزيج المطال واليوريا بخلطه بمسحوق المطال الناعم . ان كمية مسحوق المطال المضافة ربما تتراوح بين 20 – 50 % . مسحوق مطال الحيوانات كذلك يساهم في عملية تقليل من ذوبانية ونترجة السماد .

تصنع اليوريا بجبيبات ذات حجم كبير بوزن 1 غم تقريبا التي تعرف باليوريا ذات الحبيبات الفائقة (supergranules) وتصنع اليوريا كذلك بهيئة قوالب وبما لا تشبه صيغ اليوريا الاخرى فان الحبيبات الفائقة والقوالب تصنع بمعامل والذوبانية تقل نتيجة تقليل المساحة السطحية التي تلامس التربة فضلا عن تسهيل عملية الاضافة .

الكبريت يمكن ان يستعمل لتغطية حبيبات اليوريا بهيئة طبقة خفيفة من الكبريت مانعة للتسرب وطرية ومبيد للاحياء المجهرية يمكن ان توضع فوق حبيبات اليوريا المفردة. النيتروجين سيتحرر ببطئ من السماد وسيكون الفقد بعكس النترجة باقل ما يمكن .

يوريا اساس لاسمدة Urea based Fertilizers

تدمج اليوريا مع اسمدة اخرى لتجهز مغذيات اخرى كالفسفور والكبريت والكالسيوم فضلا عن النيتروجين . سماد اليوريا – كبريت يحوي 40% نيتروجين و 10% كبريت والحبيبات التي تكون بهيئة يوريا – كبريت ذات خصائص فيزيائية ممتازة . يوريا – فوسفات يصنع بخلط سائل اليوريا مع سائل فوسفات الامونيوم الثنائية وتصنع بهيئة حبيبات ويحوي هذا المنتج على 29% نيتروجين و 29% P_2O_5.

صخر الفوسفات واليوريا يدمجان لانتاج صيغة (يوريا صخر – فوسفات) وهذا الخليط يحوي 36.5% نيتروجين و 5% P_2O_5 .

يوريا – جبس :- في هذه الحالة تخلط اليوريا مع الجبس لاعطاء يوريا جبسية وفي هذا الخليط يقلل فقد اليوريا عن طريق التطاير وذلك للاضافة السطحية ولو ان الجبس يؤدي الى تقليل القلوية حول حبيبات اليوريا ويحوي هذا الخليط على 36.8% نيتروجين و 4.6% كالسيوم و 3.6% كبريت .

الاسمدة الامونياكية Ammoniacal Fertilizers

بعض من الاسمدة الامونياكية هي الامونيا اللامائية ، الامونيا المائية ، نترات الامونيوم الكبريتية ، نترات الامونيوم وكبريتات الامونيوم وكلوريد الامونيوم .

الامونيا اللامائية تحوي نسبة عالية (82%) من النيتروجين ويتم حفظها بهيئة سائلة تحت ضغط عالي وتحفظ في عبوات خاصة ويجب ان تستعمل وسائل خاصة لاضافتها . الامونيا المائية تصنع باذابة غاز الامونيا في الماء ، نترات الامونيوم (NH_4NO_3) تحوي من 32% الى 37.5 % نيتروجين وتعد سمادا جيدا للاضافة بشقوق سطحية الا انها تعد جاذبة للماء في طبيعتها (hydroscopic) كبريتات – نترات الامونيوم هي ملح مزدوج من نترات الامونيوم وكبريتات الامونيوم [NH_4NO_3.(NH_4)$_2SO_4$] ويعد سهل الحمل والخزن وينفع في الاراضي التي تعاني من نقص في النيتروجين والكبريت .

كبريتات الامونيوم(NH_4)$_2SO_4$ تحوي 20.5% نيتروجين و 23.4% كبريت وتعد ذات خصائص جيدة من ناحية النقل والخزن . كلوريد الامونيوم يحوي حوالي 26%نيتروجين ويعد مساويا في كفائته لكبريتات الامونيوم في تسميد الرز .

الاسمدة النتراتية Nitrate fertilizers

تعد الاسمدة النتراتية ذات قابلية ذوبان عالية في الماء وتناسب الاضافات السطحية . الاسمدة النتراتية نترات الصوديوم التي تحوي 16% نيتروجين و نترات البوتاسيوم (13.8% نيتروجين ، 36.5% بوتاسيوم) ونترات الكالسيوم (15.5% نيتروجين ، 19.5 % كالسيوم) .

الاسمدة الامونياكية و النتراتية

Nitrate and Ammoniacal Fertilizers

هذه الاسمدة تناسب الاضافات السطحية . نترات الامونيوم ذات محتوى نيتروجين عالي(32 %– 37.5 %) الا انها شديدة الجذب للماء والانفجار . نيتروجين النترات يغسل بسهولة اكبر من نيتروجين الامونيوم وفي التربة الكلسية الفقد بالنيتروجين من نترات الامونيوم اقل بكثير جدا من سلفات الامونيوم واليوريا .

نترات الامونيوم الكلسية Calcium Ammonium Nitrate :- يرمز لها بالرمز (CAN) ونتنج بخلط نترات الامونيوم مع كاربونات الكالسيوم ينتج بدرجتين تحوي 20.5% نيتروجين و 25% نيتروجين . نصف كمية النيتروجين بصيغة نترات والنصف الاخر بصيغة امونيوم . ان وجود صيغتي النيتروجين له مزايا لمحاصيل عدة ويعد سماد CAN سمادا متعادلا .

نترات الامونيوم الكبريتية :- تحوي 26% نيتروجين وهو سماد حامضي على اساس تساوي النيتروجين ويؤثر كتاثير كبريتات الامونيوم **.**

القيمة النسبية للاسمدة النيتروجينية

Relative Value of Nitrogen Fertilizers

ان اختيار سماد نيتروجيني معين يتم على اساس احتياج المحصول وسعر الوحدة الواحدة من النيتروجين وسهولة الخزن والنقل والتوزيع وتفاعل التربة . ماعدا اراضي الرز المنخفضة جميع المواد السمادية لها تاثير متساوي على اساس المحتوى من المغذي . الرز يفضل الامونيوم خلال مراحل نموه المبكرة كما ان فقدان الاسمدة النتراتية يكون اكثر في الاراضي المنخفضة لذا فان الاسمدة الامونياكية والامايدية تضاف تحت هكذا ظروف . المواد السمادية الرخيصة لوحدة النيتروجين يتم اختيارها . للاراضي القلوية الاسمدة ذات الصيغ الحامضية يتم اضافتها وكذلك التي تحوي على الكالسيوم .

الاسمدة الفوسفاتية Phosphatic Fertilizers

تصنيف الاسمدة الفوسفاتية Classification of Phosphatic Fertilizers

محتوى الفسفور في الاسمدة يعبر عنه (P_2O_5) بينما يعبر عنه بالتربة والنبات بصيغة عنصر الفسفور . مقلوب العنصر الى صيغة الاوكسيد والعكس بالعكس هو 2.29 و 0.43 بالتتابع . الاسمدة الفوسفاتية يمكن تصنيفها الى ثلاث مجاميع على اساس جاهزيتها للمحصول وقابليتها الذوبانية .

حامض الفسفوريك الذائب بالماء

Water Soluble Phosphoric Acid

هذا السماد يكون جاهز بصيغة فوسفات الكالسيوم الاحادية او فوسفات الامونيوم والتي تكون :-

1- سوبر فوسفات احادية او سوبر فوسفات اعتيادية (P_2O_5 16%) .
2- سوبر فوسفات ثنائية (P_2O_5 32%) .
3- سوبر فوسفات ثلاثية (P_2O_5 46%) .
4- فوسفات الامونيوم (P_2O_5 20%) .
5- فوسفات الامونيوم (P_2O_5 48%) .
6- كبريتات - فوسفات الامونيوم (P_2O_5 20%) و (16% N) .

الفسفور يكون جاهز بسهولة للنبات من تلك الاسمدة وهذه الاسمدة اغلبها مناسب للاراضي المتعادلة والقلوية . على اية حال فان هذه الاسمدة تكون فوسفات الالمنيوم وفوسفات الحديد (غير الذائبين) في الترب الحامضية . هذه الاسمدة تستعمل عندما تكون هناك بداية حاجة سريعة لامداد النبات وللمحاصيل ذات مدة النمو المتوسطة مثل الحنطة ، الذرة البيضاء والبقوليات .... الخ .

حامض الفسفوريك الذائب في حامض الستريك

Citric Acid Soluble in Phosphoric Acid

هذا السماد يحوي حامض الفسفوريك الذائب في السترات او فوسفات الكالسيوم الثنائية ويتحولان الى فوسفات الكالسيوم الاحادية في الترب الحامضية . وعلى اساس ان تفاعلهما قاعدي ويحتويان على الكالسيوم فانهما يكونا مناسبين للترب الحامضية . نستعمل هذه الاسمدة للمحاصيل ذات مدة النمو الطويلة مثل قصب السكر والشاي والقهوة وتستعمل كذلك لتسميد رز الاراضي المنخفضة . الاسمدة الفوسفاتية التي

تنتمي الى هذه المجموعة هي الخبث القاعدي (14 – 18 % P_2O_5) وفوسفات الكالسيوم الثنائية (34 – 39 % P_2O_5) .

حامض الفسفوريك غير الذائب في الماء او حامض الستريك

Phosphoric Acid Not Soluble in Water or Citric Acid

الاسمدة الفوسفاتية مثل صخر الفوسفات (20 – 40 % P_2O_5) وكسبة العظام الخام (2.0 – 2.5 % P_2O_5) وكسبة العظام المبخرة (22.0 % P_2O_5) الحاوية على حامض الفسفوريك غير الذائب في الماء او حامض الستريك وهذه الاسمدة تناسب الترب الشديدة الحامضية او الترب العضوية . الفسفور الجاهز من هذه الاسمدة يمكن زيادته بالحراثة مع استعمال الدمن الاخضر وهذه تناسب محاصيل الشاي والقهوة والكاكاو والمطاط .... الخ .

خصائص الاسمدة الفوسفاتية

Properties of Phosphatic Fertilizers

سماد السوبر فوسفات الاحادية (Single Super Phosphate) الذي يحوي على 16 – 22 % P_2O_5 من مجموع 90% الذائب في الماء وهوخليط من فوسفات الكالسيوم الاحادية وكبريتات الكالسيوم (الجبس) ويحوي كذلك على 8 – 14 % كبريت 18 – 21 % كالسيوم .

السوبر فوسفات الاحادية تصنع بصيغة مسحوق او حبيبات وعندما يضاف هذا السماد الى التربة فانه يتحول حالا الى فوسفات الكالسيوم الثنائية غير الذائبة في التربة القلوية والى فوسفات الحديد او فوسفات الكالسيوم الاحادية وان فوسفات الكالسيوم الثنائية احيانا تحصل بشدة الى حد ما حتى في الترب المتعادلة او الحامضية قليلا او في التربة الحاوية على اكثر من 5% كاربونات الكالسيوم الحرة . قابلية الذوبان في الماء تقل الى 20 الى 25% في 24 ساعة والى اقل من 1% في 30 يوم .

تضاف سوبر فوسفات الى الخليط الجمعي للمواد Composing Material لتخضع لتغيرات في نقر الخليط . ان اغناء الخليط Super – digested Compost بالسوبر فوسفات يتكون منه خليط مهضوم بفائقية وبهذه الصيغة فان الفسفور سيكون جاهز على مدى وقت طويل دون ان يثبت في التربة .

السوبر فوسفات الثلاثية Triple Super Phosphate

السوبر فوسفات المركز او السوبر فوسفات الثلاثية الحاوية على 44 – 52 % P_2O_5 فان 95 – 98 % منه يذوب في الماء وان هذا المحتوى هو الاكثر بثلاث مرات من السوبر فوسفات الاحادية . الجبس موجود في السوبر فوسفات الاحادية يختزل للحصول على سوبر فوسفات مركزة ويصنع بهيئة مسحوق او حبيبات وكذلك فان فوسفات الكالسيوم الاحادية تسلك في الترب بطريقة مشابهة لسلوك السوبر فوسفات .

السوبر فوسفات الغنية Enriched Super Phosphate

تنتج السوبر فوسفات بوساطة معامل صخر الفوسفات مع خليط من حامض الفسفوريك وحامض الكبريتيك لينتج عن ذلك خليط فوسفات الكالسيوم الاحادية وكبريتات الكالسيوم . يحتوي هذا الخليط على 25 – 30 % P_2O_5 ونسبة 90 – 95 % منه يذوي في الماء .

فوسفات الكالسيوم الثنائية Dicalcium Phosphate

تحوي فوسفات الكالسيوم الثنائية على 53% P_2O_5 وعلى الرغم من امكانية استعمال هذه المادة كسماد الا انها لا يمكنها المنافسة مع الاسمدة الفوسفاتية الارخص والمتوفرة حاليا .

فوسفات الامونيوم Ammonium Phosphate

تنتج فوسفات الامونيوم بوساطة تفاعل الامونيا مع حامض الفسفوريك او مع خليط من الفوسفات وحامض الكبريتيك . من اكثر انواع اسمدة فوسفات الامونيوم استعمالا هو فوسفات الامونيوم الاحادية (MAP) و فوسفات الامونيوم الثنائية (DAP) و فوسفات الامونيوم الكبريتية . من الجدير بالذكر ان سماد فوسفات الامونيوم الاحادية يحوي على 12% N و 61% P_2O_5 اما سماد فوسفات الامونيوم الثنائية فهو متوفر بدرجتين هما 0 - 48– 16 و 18 – 46 – 0 . سماد فوسفات الامونيوم الكبريتية يحوي 16% N و 20% P_2O_5 . كل اسمدة فوسفات الامونيوم تذوب بشكل كامل في الماء واغلبها يكون بهيئة حبيبات وقليل منها بهيئة بلورات .

الفوسفات النتراتية Nitrophosphates

تحوي الفوسفات النتراتية على P_2O_5 نصفه يذوب في الماء ونصفه يذوب في حامض الستريك والفوسفات النتراتية سماد حبيبي يحوي على مثبتات تمنع تحول الفوسفات الذائبة في حامض الستريك الى فوسفات غير ذائبة . هذه المثبتات تحافظ على الصفات الفيزيائية للسماد خلال مدة الخزن او النقل كما ان نسب النيتروجين و P_2O_5 تختلف اعتمادا على طرائق التصنيع المتبعة . العلامات التجارية على السماد تكون اما 2 : 20 : 20 او 15 : 18 : 18 محتويا على فوسفات احادية وهناك اسمدة فوسفاتية اخرى متعددة مثل فوسفات الامونيوم وكسبة العظام وصخر الفوسفات .... الخ .

الاسمدة البوتاسية Potassic Fertilizers

اسمدة البوتاس او البوتاسية وضعت في مجموعتين هما صيغة كلوريدية ولا كلوريدية . كلوريد البوتاسيوم ينتمي الى المجموعة الاولى وكبريتات البوتاسيوم وكبريتات المغنسيوم البوتاسية ونترات البوتاسيوم .... الخ تنتمي الى المجموعة

الثانية . من ناحية كون البوتاسيوم مغذي فان جميع الاسمدة هي ذات كفاءة متساوية الا ان الايونات السالبة المرافقة تؤدي الى بعض الفروقات فوجود ايون الكلوريد يؤدي بالسماد ليكون غير مناسب للمحاصيل السكرية والتبغ والبطاطا . في الاسمدة اللاكلوريدية ايونات النترات او الكبريتات تضاف الى مغذيات النبات اذ يزيدان من كلفة وحدات K_2O . البوتاسيوم في السماد يعبر عنه K_2O (اوكسيد البوتاسيوم) وان معامل التحويل للتعبير بصيغة عنصر البوتاسيوم هي 0.83 وصيفة اوكسيد البوتاسيوم هي 1.2 .

كبريتات البوتاسيوم تحوي 48 الى 50% K_2O فضلا عن 17.5% كبريت وهذا السماد يضاف دون ضرر لاي محصول وبما فيها قصب السكر والبنجر السكري والتبغ . كبريتات المغنسيوم البوتاسية هي عبارة عن ملح مزدوج من كبريتات البوتاسيوم وكبريتات المغنسيوم وتحوي على 22% K_2O و 11% مغنسيوم و 22% كبريت . نترات البوتاسيوم او ملح بتري او نتري تحوي على 13% N و 44%K_2O وتعد مصدرا ممتازا للبوتاسيوم والنيتروجين وتستعمل بالدرجة الاساس لاشجار الفاكهة والمحاصيل مثل التبغ ومحاصيل الخضر . متعدد فوسفات البوتاسيوم تحوي على 56% P_2O_5 و 24% K_2O وكلاهما يمكن انتاجه بهيئة سائل وسماد صلب .

اسمدة الكالسيوم والمغنسيوم والكبريت

الكالسيوم والمغنسيوم والكبريت تجهز النبات من خلال اضافة اسمدة NPK ومثل هذه الاسمدة لا تصنع لتجهيز هذه المغذيات . المواد السمادية التي تجهز هذه المغذيات يمكن توضيحها بالجدول (7.10)

جدول 7.10. محتوى المواد السمادية من الكالسيوم (Ca) والمغنسيوم (Mg) والكبريت (S)

المادة السمادية	محتوى المغذي %				
	Ca	Mg	S	اخرى	
نترات الكالسيوم	19.4	-	-	-	
الجبس	29.2	-	18.6	-	
صخر الفوسفات	33.1	-	-	25.2	P_2O_5
سوبر فوسفات الاحادية	19.5	-	12.5	16.0	P_2O_5
سوبر فوسفات الثلاثية	14.0	-	1.0	43.5	P_2O_5
ملح ابسوم	-	9.6	13.0	-	
كبريتات المغنسيوم البوتاسية	-	11.1	22.3	31	K_2O
كبريتات البوتاسيوم	-	-	17.5	48	K_2O
كبريتات الامونيوم	-	-	24.2	21	N
نترات كبريتات الامونيوم	-	-	12.1	26	N
سلفات النحاس	-	-	11.4	21	Cu
سلفات الامونيوم الحديدية	-	-	16.0	6	(N) 16(Fe)
سلفات الحديدوز	-	-	18.8	32.8	Fe
معدن الكبريت	-	-	100.0	-	
جبس – يوريا	4.6	-	0.6	36.8	N
كبريتات – يوريا	-	-	10.0	40	N
كبريتات الزنك	-	-	17.8	36.4	Zn

المغذيات الصغرى (النادرة) Micronutrients

من ستة عشر عنصرا ضروريا لنمو النبات هناك ستة عناصر يحتاجها النبات بكميات صغيرة التي تسمى بالمغذيات الصغرى وهي : الحديد Fe ، المنغنيز Mn ، البورون B ، الزنك Zn ، النحاس Cu ، المولبيدنيوم Mo . ان تركيز العناصر الصغرى التي يتطلبها نمو النبات تم توضيحها في الجدول (8.10) .

جدول 8.10 مديات تراكيز المغذيات الصغرى لنمو طبيعي للنباتات

العنصر النادر	التركيز (جزء بالمليون)
Fe	0.5 الى 5.0
Mn	0.1 الى 0.5
B	0.1 الى 01.0
Zn	0.02 الى 0.2
Cu	0.01 الى 0.05
Mo	0.01 الى 0.05

ان عدد من املاح المغذيات الصغرى ذات تفاعل وذوبانية عاليين مما يجعلها غير جاهزة للنبات . املاح المغذيات الصغرى تدمج مع نوع خاص من الزجاج ويتم تحطمها الى قطع صغيرة تسمى مزيج مزجج (frits) وعندما يضاف هذا المزيج الى التربة فان الزجاج يذوب ببطئ وتتحرر املاح المغذيات . البوروسيليكات المزججة وامونيوم المنغنيز المزجج ، الزنك المزجج والنحاس المزجج تكون جاهزة

بعض املاح المغذيات الصغرى المعدنية عندما تضاف الى التربة تتحول الى صيغة غير جاهزة نتيجة لتفاعلها العالي . المركبات العضوية مثل diethylenetriaminepenta) ethylenediaminetetraactic acid) EDTA هذه (cyclohexanediaminetetra acetic acid) CDTA ، (acetic acid المركبات لها القابلية على اخلاب او حمل ايونات المعادن في تركيبها الحلقي وتسمى هذه المخلبيات المعدنية .

المخلبيات المعدنية (metal chelates) تذوب في الماء الا انها لا تتاين في محلول التربة لذا فان الايونات المعدنية لا تتفاعل مع مكونات التربة . الصيغ المخلبية للمغذيات تكون اكثر جاهزية من تلك الصيغ الاعتيادية الملحية ومن الجدير بالذكر اسمدة الحديد والنحاس والزنك والمنغنيز تكون جاهزة بصيغ مخلبية .

اسمدة الحديد Iron Fertilizers

سلفات الحديدوز اكثر الاسمدة الشائعة التي ترش على المحاصيل للسيطرة على نقص الحديد وعندما تضاف للتربة فانها تتاكسد الى كبريتات الحديديك والتي لا تكون جاهزة للنبات وللتغلب على هذه المشكلة فان الحديد المخلبي يستعمل سواء للاضافة الى التربة او رشا على النبات . كسر الحديد المزججة التي تحوي على حوالي 22% حديد يمكن استعمالها للترب الحامضية كما في الجدول (9.10) ادناه

جدول 9.10. مصادر اسمدة الحديد

المصدر	محتوى الحديد %
كبريتات الحديدوز	19
كبريتات الحديدك	23
اوكسيد الحديدوز	77
اوكسيد الحديديك	69
فوسفات الامونيوم الحديدوزية	29
كبريتات الامونيوم الحديدوزية	14
متعدد فوسفات الامونيوم الحديد	22
مخلبيات الحديد	14
مزيج الحديد المزجج	22

اسمدة المنغنيز Manganese Fertilizers

تعد كبريتات المنغنيز اكثر اسمدة المنغنيز استعمالا تحوي على 26% منغنيز. المنغنيز المخلبي (12% Mn) وخليط المنغنيز (10 الى 25% منغنيز) تعد مصدرا اخر للمنغنيز (جدول 10.10) . اوكسيد المنغنيز يمكن ان يضاف الى التربة الا ان بطئ الجاهزية .

جدول 10.10. مصادر المنغنيز

المصدر	محتوى المنغنيز %
كبريتات المنغنيز	26
اوكسيد المنغنيز	41
اوكسيد المنغنيز	63
مخلبيات المنغنيز	12
خليط المنغنيز المزجج	10

اسمدة الزنك Zink Fertilizers

كبريتات الزنك التي تحوي على 36% Zn اكثر اسمدة الزنك استعمالا كبريتات الزنك تضاف سواء للتربة (30 – 50 كغم / هكتار) وللنبات (0.5 % كرذاذ) . اوكسيد الزنك يحوي 78% زنك ويستعمل لمعاملة البذور .

المركبات العضوية تستعمل كذلك وبنجاح لتصحيح نقص الزنك وهذه تتضمن مخلبيات عدة للزنك مثل نوع EDTA اومتعدد فلاكونايد الزنك او انواع لكنين – سلفونايت كما في الجدول (11.10) ادناه

جدول 11.10 مصادر الزنك

المصدر	الزنك %
كبريتات الزنك المائية الاحادية $ZnSO_4H_2O$	35
كبريتات الزنك المائية السباعية $ZnSO_4 .7H_2O$	23
كبريتات الزنك القاعدية $ZnSO_4.4Zn(OH_2)$	55
اوكسيد الزنك ZnO	78
كبريتيد الزنك ZnS	67
فوسفات الزنك $Zn(PO_4)_2$	51
الزنك المخلبي Na_2Zn EDTA	14
بوليفلوفونايد الزنك	10
لكنين سلفونيت الزنك	10

اسمدة البورون Boron Fertilizers

يعد البوراكس اكثر اسمدة البورون استعمالا وهو مركب ابيض يحوي على 11% بورون (جدول 12.10) وبسبب ذوبانيته العالية في الماء لذا فهو يتعرض للفقد بوساطة الغسل ولتجنب هذا الفقد تم تطوير البورون بمسحوق زجاجي الذي يحوي 2 الى 6% بورون . البوروسيليكات الزجاجية واحدة من تلك المواد والمتميزة في اضافتها على البوراكس في الترب الرملية تحت ظروف الامطار الغزيرة . حامض البوريك والسليوبور (بورات تجارية ذوابة) تعد من الاسمدة التي يتم اضافتها بالرش الورقي .

جدول 12.10. مصادر البورون

المصدر	البورون %
البوراكس	11
بورات الصوديوم الخماسية	18
بورات الصوديوم الرباعية	14
حامض البوريك	17
سلويوبور (soluber)	20
السيلكيات البورية الزجاجية	6

اسمدة النحاس Copper Fertilizers

النحاس يمكن اضافته بالرش كملح ذائب على النبات او بوساطة اضافته كسماد الى التربة (جدول 13.10) . كبريتات النحاس تستعمل على نطاق واسع للرش على النبات او كاضافة للتربة وهي تحوي 25.5% نحاس . فوسفات الامونيوم النحاسية يمكن استعمالها كذلك سواء للتربة او رشا على النبات وهي قليلة الذوبان بالماء الا انها يمكن ان تتعلق في الماء لاغراض الرش . مخلبيات النحاس كذلك تكون جاهزة لسد النقص الذي يحصل للنبات .

جدول 13.10. مصادر النحاس

المصدر	النحاس %
كبريتات النحاس	21
فوسفات الامونيوم النحاسية	30
مخلبيات النحاس (Cu EDTA)	مختلفة

اسمدة الموليبدنيوم Molybdenum Fertilizers

من اسمدة الموليبدينيوم مولبيدات الامونيوم ، مولبيدات الصوديوم ، اوكسيد ثلاثي للمولبيدات . اسمدة الموليبدينيوم يمكن خلطها مع اسمدة NPK وتضاف للتربة وكذلك يمكن اضافتها بالرش او تستعمل لتغطيس البذور .

الجرعة السمادية Fertilizer Dose

الاحتياجات الغذائية للمحاصيل يتم تحقيقها بوساطة مساهمة التربة والاضافات السمادية . مساهمات التربة يتم تقديرها اعتمادا على اختبارات التربة رغم ان اختبارات التربة عموما تعد ممارسة مقبولة عمليا الا ان هناك بعض الاختلافات في تفسير تلك الاختبارات . هذه النتائج فيها اختلافات متطرفة للتوصيات السمادية بالنسبة للمزارعين . هناك ثلاثة مفاهيم رئيسية لوضع التوصية السمادية هي : الاستدامة (maintenance) ، نسبة التشبع بالايونات الموجبة (cation saturation ratio) و مستوى الكفاية (sufficiency level) .

مفهوم الاستدامة يتضمن ان التربة كلما كانت لها القابلية على السعة التجهيزية فان كمية من المغذي يجب ان تضاف لتحل محل الكمية المزالة من قبل المحصول وهكذا فان سعة التربة التجهيزية للمغذي يجب ان تكون كافية لاعلى حاصل والتوصيات السمادية لازالت تبنى على اساس مفهوم الاستدامة .

اما مفهوم نسبة التشبع بالايونات الموجبة فتعد التربة المثالية اذا كان التوزيع النسبي للايونات الموجبة فيها ضمن ما ياتي 65% Ca ، 10% Mg ، 5% K ، 20% H ، لذلك وللحصول على النسب من Ca : Mg (6.5 : 1) و Ca : K (13 : 1) و K : Mg (2 : 1) لذلك فان التوصيات السمادية تبنى على اساس استدامة هذه النسب وعلى اية حال فان تغايرات واسعة في هذه النسب ليس لها تاثيرات عكسية .

في مفهوم مستوى الكفاية فان استجابة المحصول للمغذيات المضافة تؤخذ بنظر الاعتبار وهذا المفهوم متبع في اغلب مسارات التوصيات السمادية وهناك مسارات عدة تتبع في التوصيات السمادية ولكل مسار محاسن ومساوئ .

توصية طبقية Blanket Recommendation

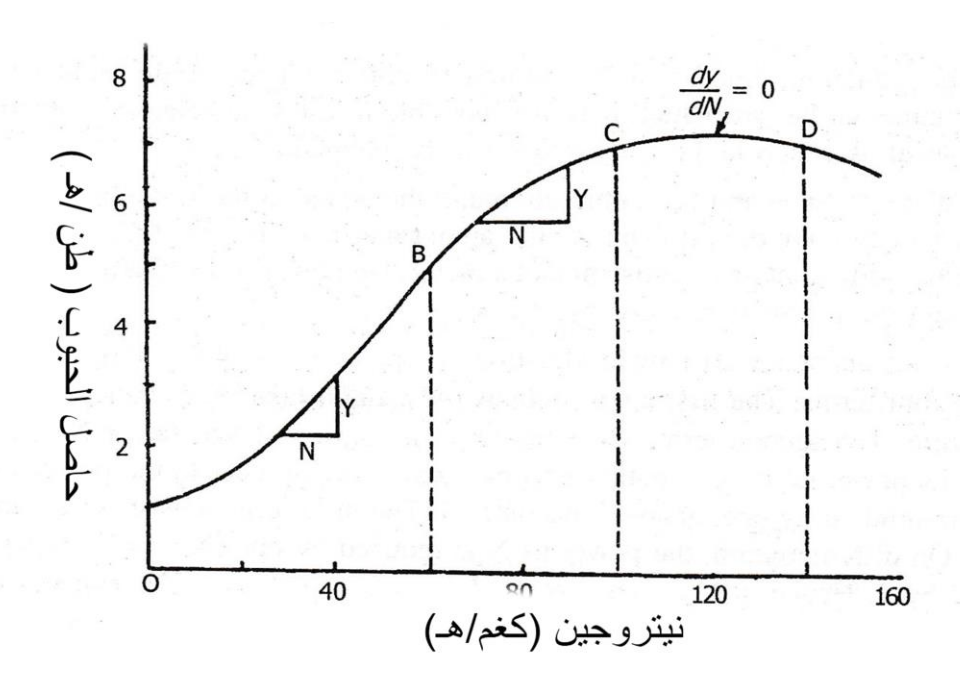
على اساس تجارب التسميد المطبقة في مناطق مختلفة مع الاصناف المحسنة فان جرعة السماد تكون مختلفة لكل بيئة من البيئات التي طبقت فيها التجارب وهذا المسار لا يؤخذ بنظر الاعتبار مساهمة التربة . على اي حال فان هذا المسار مناسب لتوصية النيتروجين على اعتبار ان التاثير المتبقي للسماد النيتروجيني المضاف للمحصول السابق لا قيمة له والترب عموما ذات محتوى منخفض من النيتروجين .

معادلات الاستجابة Response Equations

التجارب الحقلية تنفذ باستعمال مستويات مختلفة من الاسمدة . استجابات الحاصل لمستويات مختلفة من الاسمدة توافق معادلات رياضية على اساس شكل المنحنى فان الجرعة الاقتصادية المثالية تحسب وتتم التوصية للمزارع .

توافق منحني Curve Fitting

عموما الاستجابة للاسمدة هي تربيعية (quadrate) فمثلا معدل زيادة الحاصل تزداد مع زيادة الجرعة السمادية الى حد معين وبعدها تبدا معدلات الزيادة في الحاصل بالانخفاض مع كل زيادة في الجرعة السمادية وفي مستوى معين فان مستوى الحاصل ياخذ شكل هضبة (ثابت) وبعدها فان اي زيادة في جرعة السماد تسبب نقصا في الحاصل .



شكل6.10. استجابة الرز للنيتروجين

من الشكل (6.10) نلاحظ حتى بدون اضافة السماد فان حاصل (طن / هكتار) من الحبوب يمكن الحصول عليه نتيجة الخصوبة المتوارثة للتربة . هناك زيادة خطية في الحاصل الى حد 60 كغم N / هكتار (من A الى B) يلحقها استجابة بشكل خط منحني (من B الى C) مثلا لكل زيادة في جرعة السماد فان زيادة الحاصل تكون بمعدلات متناقصة وبعد 100 كغم / هكتار فان حاصل الحبوب لا يزداد بزيادة

السماد والتي تسمى الهضبة (Plateau) (C الى D) . زيادة اضافية في جرعة السماد بعد 140 كغم / هـ فان الحاصل يقل ويمكن اعتباره مستوى سام . هذا المنحنى يمكن التعبير عنه بمعادلة رياضية :-

$$\mathbf{Y = a + bN + cN^2}$$

اذ ان :

Y = حاصل الحبوب (كغم / هكتار)

N = جرعة السماد (كغم N / هكتار)

c , b , a = ثوابت

الثابت a :- يعرف بانه اعتراضي (محصور بين خطين) والذي يشير الى الحاصل بدون اسمدة .

الثابت b :- في الجانب الاخر يعرف بالانحدار (slop) ويعطي معدل الاستجابة (كغم حبوب يتم الحصول عليها من كل كغم N مضاف)

الثابت c :- يمثل المنحني القوسي لخط الاستجابة والذي يشير بصورة غير مباشرة للتاثير العكسي الذي تسببه زيادة جرعة النيتروجين . وعموما فان الثابت c ذات اشارة سالبة .

الثوابت c , b , a يمكن ايجادها كما ياتي :

بتجميع $Y = a + bN + cN^2$

تصبح $Y = na + b\sum N + c\sum N^2$

وبضرب طرفي المعادلة × N

$$YN = a\sum N + b\sum N^2 + c\sum N^3$$

وبضرب المعادلة × N مرة اخرى

$$YN^2 = a\sum N^2 + b\sum N^3 + c\sum N^4$$

وهكذا للحصول على الثوابت الثلاثة فانه يجب ان تكون هناك ثلاث معادلات. ان الرمز n في المعادلة هو عدد المشاهدات المسجلة . الكميات الاخرى $N , N^2 , N^4 , Y , YN , YN^2$ وتجميعها (Summation) يمكن الحصول عليه من البيانات ومن خلال حل المعادلات في ان واحد فان الثوابت c ,b , c يمكن الحصول عليها . معادلة واحدة من هكذا لحساب المثالية الطبيعية والاقتصادية المطلوبة . معادلة الاستجابة للرز (صنف Co33) تكون

$$\mathbf{Y = 1813.25 + 25.93N - 0.0661\ N^2}$$

من هذه المعادلة تكون كمية النيتروجين المطلوبة للحصول على اعلى حاصل حبوب الذي يسمى المثالي الطبيعي نستطيع حسابه . كذلك فمن المحتمل حساب المثالية الاقتصادية التي هي مستوى النيتروجين الذي نحصل عنده اعلى عائد اقتصادي صافي

ولحساب المثالية الطبيعية والاقتصادية فان المعادلة لتكون مشتقة . قياسات بسيطة للاشتقاق هي :-

1. اذا كان ثابت واحد فقط في مفهوم الاشتقاق فانه يصبح صفر كان يكون .
2. واذا ما احتوى طرف المعادلة ثابت (Constant) وعامل (Factor) فان قوة (اس) تصبح مضروبة في حد المعادلة ويقلل الاس بمقدار واحد .

يمكن توضيح ذلك بمعادلة بسيطة اذ ان $Y = 3 + 4N - 0.6N^2 + 0.002N^3$ وهذه المعادلة لها اربعة حدود . الحد الاول يحتوي على ثابت فقط كان يكون 3 وهكذا

بالاشتقاق يصبح صفر . الحد الثاني 4N يتضمن ثابت الذي هو 4 وعامل النيتروجين N وهكذا فان اس الـ N يكون واحد ان الاس بالاشتقاق يصبح صفر واي عدد للاس صفر يكون واحد لذا فان الحد يضرب في واحد وهكذا يكون الحد الثاني 4 . الحد الثالث يتضمن ثابت هو 0.6 وعامل N^2 .

وبالاشتقاق فان اس N يطرح منه واحد ($N^{2-1} = N^1 = N$) ويضرب الحد في 2 وهكذا يصبح الحد الثالث

$$2 \times 0.6 N^{2-1} = 2 \times 0.6 N = 1.2 N$$

اما الحد الاخير في المعادلة ($0.002N^3$) فيصبح

$$3 \times 0.002 N^{3-1} = 3 \times 0.002 N^2 = 0.006 N^2$$

المعادلة الحالية تصبح

$$Y = 1813.25 + 25.93 N – 0.0661N^2$$

بالاشتقاق تصبح

$$Dy / DN = 0 + (1 \times 25.93) – (2 \times 0.0066 N^{2-1})$$

$$= 25.93 – (2 \times 0.066 \times N)$$

$$= 25.93 – 0.1322 N$$

Dy / dN :- تشير الى معدل الاستجابة فمثلا لتغيير صغير جدا في مستوى النيتروجين فان هناك تغيرا في حاصل الحبوب .

تقدير المثالية الطبيعية Estimation of Physical Optimum

ان معدل الاستجابة (dY / dN) تكون اعلى عند الجرعات الواطئة للنيتروجين وتقل تدريجيا الى ان تصبح قيمتها صفرا عند نقطة معينة وفيما لو ان مستوى النيتروجين استمر بالزيادة فان الاستجابة تصبح سالبة. ان اعلى حاصل للحبوب يمكن الحصول عليه عند مستوى النيتروجين الذي تكون عنده معدل الاستجابة صفرا . لذلك يكون (dY / dN) = 0 عندما يكون حاصل الحبوب باعلى مايمكن .

$$dY / dN = 25.93 - 0.1322\ N = 0$$

$$25.93 = 0.13322N$$

$$N = (25.93 / 0.1322) = 196.14$$

لذا فان الجرعة 196.14 كغم N / هـ هي المستوى المثالي الطبيعي من النيتروجين للصنف CO-33 وان اعلى حاصل حبوب نستطيع حسابه من تعويض N = 196.14 في المعادلة وكما ياتي :-

$$Y = 1813.25 + 25.93 (196.14) - 0.0661 (196.14)^2$$

$$= 1813.25 + 5085.91 - 2542.93 = 4356 \text{ kg/ ha}$$

حساب المثالية الاقتصادية Calculation of Economic Optimum

تعتمد المثالية الاقتصادية على سعر السماد والحبوب فعلي سبيل المثال اذا كان سعر الشلب 0.6 دولار للكغم الواحد وسعر كغم N هو 1 دولار للكغم الواحد وهكذا فان سعر الحبوب يمكن الاستدلال عليه بـ PY وسعر النيتروجين PN فان نسبة السعر تكون (PN / PY) ويكون (1 / 0.6) = 1.67 وهذه تتضمن اذا ماتم اضافة 1

كغم من النيتروجين فانه على الاقل يتم الحصول على 2.5 كغم حبوب لمعادلة كلفة السماد وتتبع ما ياتي :-

للمثالية الاقتصادية $(dY / dN) = (PN / PY)$

$$dY / dN = 25.93 - 0.1322N = PN / PY$$

$$= 25.93 - 0.1322N = 2.5$$

$$= 25.93 - 2.5 = 0.1322 N$$

$$N = (23.43 / 0.1322) = 177.23$$

وهكذا فان المثالية الاقتصادية لجرعة سماد النيتروجين هي 177.23 كغم / هكتار . حاصل الحبوب في المثالية الاقتصادية لجرعة السماد يمكن حسابها بتعويض قيمة المثالية الاقتصادية في معادلة الاستجابة وكما ياتي :-

$$Y = 1813.25 + 25.93 (177.23) - 0.0661 (177.23)$$

$$= 4332.59 \text{ kg / ha}$$

ان محاسن التوصية لجرعة السماد المثالية اقتصاديا للنيتروجين يمكن رؤيتها بوساطة تقدير صافي العائد .

الحاصل في المثالية الطبيعية = 4356.23 كغم / هكتار

قيمة المنتج بالدولار = 4356.23 × 0.6 = 2613.74 دولار

كلفة السماد المضاف في المثالية الطبيعية = 196.14 × 1 = 196.14 دولار

الحاصل عند مستوى مثالية اقتصادية سماد النيتروجين = 4332.59

قيمة المنتج = 4332.59 × 0.6 = 2599.55 دولار

كلفة السماد المضاف عند مستوى اقتصادي مثالي = 177.23 × 1

= 177.23 دولار

الصافي المتحقق عند مثالية طبيعية = 2599.55 – 177.23

= 2422.32 دولار

الصافي المتحقق عند مثالية اقتصادية = 2599.55 – 196.14

= 2403.41 دولار

الامتياز الذي تم الحصول عليه من التوصية للجرعة المثالية اقتصاديا هو

2422.32 – 2403.41 = 18.91 دولار

من عيوب مسار معادلة الاستجابة هو :-

1- مساهمة التربة لم تؤخذ بنظر الاعتبار .
2- معادلات الاستجابة تختلف باختلاف الصنف المستعمل تحت الاختبار

مسار اختبار التربة ـ استجابة المحصول

Soil Test Crop Response (STCR) Approach

في هذا المسار مساهمة التربة ومستوى الحاصل يؤخذان بنظر الاعتبار وعلى اساس هذا المسار فان التوصية السمادية قد طورت لمناطق مختلفة وهكذا فان معادلة واحدة تم تطويرها لتوصية سماد NPK لمحصول الرز وكما ياتي :-

$$FN = 4.39\ T - 0.6723\ SN$$

$$F\ P_2O_5 = 2.83\ T - 6.110\ SP$$

$$F\ K_2O = 1.41\ T - 0.329\ SK$$

اذ ان SN هي نيتروجين التربة (كغم N / هكتار) ، SP فسفور التربة (كغم P / هكتار) ، SK بوتاسيوم التربة (كغم K / هكتار) ، FN سماد النيتروجين المضاف (كغم N / هكتار) ، FP سماد P_2O_5 المضاف للتربة (P_2O_5 كغم / هكتار) ، F K_2O سماد K_2O المضاف (كغم K_2O / هكتار) و T هي الحاصل الهدف (كنتال / هكتار) .

ولكي نوصي بهذه المعادلة فان فسفور التربة والبوتاسيوم يؤخذان بنظر الاعتبار بصيغة عناصر بينما الاسمدة الفوسفاتية والبوتاسية تضاف بهيئة اوكسيدات (P_2O_5 ، K_2O) .

تمرين :- توصية سمادية لمحصول الرز باستعمال مسار معادلة اختبار التربة استجابة المحصول ذلك من البيانات الاتية :-

على افتراض ان نيتروجين التربة الجاهز (طريقة برمنكنات البوتاسيوم) هو 250 كغم / هكتار و P_2O_5 الجاهز (طريقة اولسن) هي 35 كغم P_2O_5 / هكتار) و K_2O الجاهز (طريقة خلات الامونيوم) هي 350 كغم K_2O / هكتار وان الحاصل الهدف هو 5 طن / هكتار .

P التربة = $35 \times 0.43 = 15.5$

K التربة = $350 \times 0.83 = 290.5$

الحاصل الهدف = 5 طن / هكتار = 50 كنتال / هكتار

بتعويض SK , SP , SN , T في المعادلة

$$FN = 4.39T - 0.6723\ SN$$

$$= (4.39 \times 50) - (0.6723 \times 250)$$

$= 219.50 - 168.07 = 51.43$ kgN / ha

$F\ P_2O_5 = 2.83\ T - 6.11\ SP$

$= (2.83 \times 50) - (6.11 \times 15.05)$

$= 141.50 - 91.915 = 49.55$ kg P_2O_5 / ha

$F\ K_2O = (1.14 \times 50) - (0.329 \times 290.5)$

$= 70.50 - 95.57 = 25.07$ kg K_2O / ha

وهكذا لخمسة طن من محصول الرز في تربة اختباراتها اشارت الى وجود 250 كغم N / هكتار و 35 (كغم P_2O_5 / هكتار) و 350 كغم K_2O / هكتار اذ ان التربة تحوي على كمية كافية من البوتاسيوم فاذا ما قورنت التوصية مع توصية تغطية (blanked recommendation) في N 100 : P_2O_5 60 : K_2O 60 / هكتار فان اضافة مزيدا من الاسمدة تكون غير ضرورية لـ 5 طن محصول بوساطة مسار توصية التغطية لذا فان مسار STCR يمكن ملاحظة مزاياه وكما في الجدول (14.10) .

جدول 14.10. التوصية السمادية بالنسبة لرز الاراضي المنخفضة وللمسارات المختلفة

المسار	الجرعة السمادية (كغم / هكتار)			
	N	P_2O_5	K_2O	حاصل الحبوب (طن / هكتار)
بدون سماد	0	0	0	948
توصية طبقية	115	75	35	4594
اسمدة STCR	193	77	37	5861

المصدر Roman and subba Roa , 1979

ان من عيوب مسار STCR ان المعاملات تلك لا تكون جاهزة للمحاصيل المختلفة والمناطق وان تطوير ذلك يتطلب كلفا و وقت . كما ان هذه المعادلات تناسب عندما يكون NPK الجاهز قد تم تقديره بوساطة برمنغنات البوتاسيوم واولسن وخلات الامونيوم للنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم على التتابع .

مسار نظام التوصية التشخيصي المتكامل

Diagnosis Recommendation Integration System Approach (DRIS)

طريقة نظام التوصية التشخيصي المتكامل (DRIS) تعتمد على نسبة المغذي في النبات كاساس للتوصية السمادية . في هذا المسار تحلل عينات نباتية لمحتوى المغذي ويعبر عنها كنسبة لذلك المغذي الى المغذيات الاخرى . النسب المناسبة للمغذيات ستؤسس لحاصل عال ومن التجارب والعينات النباتية التي يتم جمعها من حقول المزارعين . لذا فان نسبة المغذي التي لا تكون مثالية لحاصل عال فانه يتم تجهيزها بوساطة الاضافة السطحية . هذا المسار يناسب المحاصيل ذات مدة النمو الطويلة كذلك يمكن تجريبها على محاصيل ذات مدة نمو متوسطة مثل فول الصويا والحنطة .... الخ .

مسار النمذجة Modelling Approach

هذا المسار يناسب بشكل خاص توصيات الاسمدة النيتروجينية عندما تكون التربة غنية بالمادة العضوية كما في المناطق المعتدلة . مساهمة التربة يمكن تقديرها على اساس حقيقة هي ان عملية التمعدن تعتمد على درجة حرارة التربة .

$$\mathbf{Y = K \{ (T - 15) \times D \}^{n}}$$

اذ ان :-

Y = النيتروجين المتمعدن

T = درجة حرارة التربة (م^0)

K = معامل له علاقة باقصى نيتروجين متمعدن

n = ثابت له علاقة بنمط تمعدن النيتروجين

15 = عتبة الحرارة

D = فترة الحضانة

كفاءة استعمال النيتروجين للاسمدة النيتروجينية المضافة تتراوح بين 30 الى 40% اعتمادا على طبيعة السماد ، مصدر وممارسات الخدمة الحقلية وعلى اساس N القابل للتمعدن خلال مدة مكث المحصول في الارض ، كمية النيتروجين المتوازنة التي يتم تجهيزها الى المحصول من خلال اضافة السماد يجب ان تاخذ بنظر الاعتبار كفاءة استعمال النيتروجين .

التوصية السمادية على اساس فحص التربة Soil Test Based Fertilizer

تعتمد هذه على مختبرات فحوصات التربة والتي يجب ان تؤسس في مناطق عدة واعتمادا على قيم فحص التربة فان التربة تقسم الى تربة واطئة ومتوسطة وعالية على اساس الكاربون العضوي و K_2O , P_2O_5 للترب والترب الواطئة والمتوسطة والعالية لها صلة بالمحصول . الاسمدة المقترحة تكون على اساس قيم اختبار التربة والتوصية السمادية المعتمدة للمحصول في المنطقة وبما ان المادة العضوية منخفضة في اغلب الترب لذا فان توصية سماد النيتروجين الكاملة تعتمد من قبل كل المختبرات

وعلى اية حال فان K , P يكونا عاليا التغاير من واطئ الى عالي لذا فان التوصية السمادية تتبع وتعطى الجرعة الكاملة من السماد للحالة الوسط و 25% اقل من التوصية للعالية و 25% اكثر للواطئة . اما بالنسبة للمحاصيل التي تزرع ديما فان التوصية السمادية بالكامل يتم اعتمادها للترب الواطئة ونصف التوصية للوسط ولايضاف السماد للعالية .

الحدود الحرجة Critical Limits

الحدود الحرجة للمغذيات المختلفة ولمختلف الترب والمحاصيل والمناطق يتم الوصول اليها على اساس دراسات الزراعة بالسنادين . وعلى اساس الحدود الحرجة تعتمد التوصيات السمادية ، فالمستوى الحرج للمغذي هو الذي يحدد التوصية السمادية فمثلا وجد ان الحد الحرج للفسفور في بعض المناطق هو 40 كغم P_2O_5 / هكتار (جاهز) و وجد ان الحد الحرج للزنك في بعض مناطق الرز في الهند هي 0.75 ملغم / كغم لذا يوصى باضافة جرعة سمادية 50 كغم من سماد كبريتات الزنك مرة واحدة خلال ثلاث سنوات او بعد المحصول الثالث في التربة التي يكون فيها الحد الحرج اقل 0.75 ملغم / كغم .

مظاهر نقص المغذي Nutrient Difficiency Symptoms

التوصية السمادية تتم على اساس علامات النقص التي تظهر وخاصة بالنسبة للمغذيات الصغرى وعموما فان الرش على الاوراق يتم اعتماده للتغلب على مظاهر نقص المغذي حالا .

الحدود الحرجة في النبات Critical Limits in Plants

التوصية السمادية تكون على اساس تحليل عينات نباتية وتعتمد هذه الطريقة بشكل خاص مع اشجار الفاكهة . الحدود الحرجة للمغذيات المختلفة تكون جاهزة على ورقة دليل (Index) و الجرعة السمادية المقترحة تكون على اساس الحد الحرج .

بطاقة لون الورقة Leaf Color Chart

الاسمدة النيتروجينية يوصى بها على اساس لون الورقة لمحصول الرز مثلا. هذه الطريقة يتم فيها دمج بين تجهيز التربة ومتطلبات المغذي فعندما يهبط لون الورقة تحت الحد الحرج فان جرعة من 20 الى 30 كغم N / هكتار يتم اضافتها .

لون الورقة يتم تقديره اسبوعيا لورقة جديدة كاملة التطور مقارنة ببطاقات الالوان الورقية . هذه القاعدة بجانب الطريقة ذلك بان لون الورقة يصبح اخضر باهت عندما يكون مستوى النيتروجين في الورقة قليلا . اضافة النيتروجين بشقوق سطحية الى الرز على اساس كارت لون الورقة له محاسن ذلك خلال عشرين الى اربعين يوما بعد الشتال وعلى اساس الشاكلة نفسها فان جهاز قياس الكلوروفيل (قياس SPAD) تستعمل لاضافة النيتروجين بالشقوق السطحية . جرعة النيتروجين تختلف على اساس الظروف المناخية والمحصول وكما يلاحظ في الجدول (15.10) .

جدول 15.10. اقصى استجابة للنيتروجين يمكن الحصول عليها من محاصيل مختلفة

المحصول	الجرعة (كغم . هـ)	الظروف	المصدر
الرز	223	المناطق الساحلية في الهند موسم رطب ومدة الصيف 135 يوم	Budhar and Panal appan , 1996
الدخن اللؤلؤي	135	نبراسكا / الولايات المتحدة	Memen واخرون 2006
الحشائش	300	شمال المانيا	Gierus واخرون 2005

ادارة المحصول على اساس المحصول السابق

Nutrient Management Based on Previous Crop

1- الزراعة بعد محصول بقولي بدون اضافة بقايا المحصول السابق تقلل جرعة النيتروجين بحوالي 25% والفسفور والبوتاسيوم يضافان بجرع اعتيادية .

2- المحصول البقولي مع خلط بقايا المحصول بالتربة تقلل جرعة النيتروجين الى النصف وتقل جرعتا الفسفور والبوتاسيوم بحوالي 25% .

3- الحبوب (الذرة الصفراء والذرة البيضاء) مع او بدون بقايا المحصول 25% نيتروجين اكثر .

4- زهرة الشمس 25% اعلى من جرعة النيتروجين .

5- الاستجابة للمحصول اللاحق تعتمد على حجم ومستوى الحاصل للمحصول السابق .

حساب جرعة السماد Calculation of Fertilizer Dose

تبنى التوصية السمادية على اساس العنصر النقي او اوكسيدات للمغذيات الا ان هذه التوصية تختلف من سماد لاخر رغم ان السماد يحوي المغذي نفسه ، فالتوصية بكمية السماد تعتمد على كمية المغذي الجاهزة في ذلك السماد ويتم حسابها على اساس تلك الكمية .

تمرين :- توصية سمادية لتسميد محصول الحنطة بكمية K_2O 40 : $P_2O_5$60 N 120 للهكتار ماهي كمية السماد المطلوبة من سماد اليوريا وسوبر فوسفات وميورات البوتاسيوم لذا فان حساب الكميات من كل سماد يكون كالاتي :-

اليوريا يحوي 46% N

ولتجهيز 40 كغم N / هكتار فان 100 كغم من اليوريا ضرورية .

ولتجهيز 120 كغم N / هكتار فان (100 / 46) × 120 = 260.9 كغم يوريا للهكتار مطلوبة .

وبالطريقة نفسها سوبر فوسفات تحوي 16 % P_2O_5

ولتجهيز 60 كغم P_2O_5 / هكتار فان (100 / 16) × 60 = 375 كغم من سماد سوبر فوسفات مطلوبة .

سماد ميورات البوتاسيوم يحوي 58% K_2O (100 / 58) × 40 = 68.9 كغم / هكتار سماد ميورات البوتاسيوم مطلوبة .

كمية السماد المطلوبة اضافتها (كغم / هكتار) = (100 / نسبة المغذي %) × الجرعة الموصى بها (كغم / هكتار)

طرائق اضافة الاسمدة Methods of Fertilizer Application

تضاف الاسمدة بطرائق رئيسة مختلفة ولثلاثة اهداف :-

1- لجعل المغذي جاهزا بيسر المحصول .
2- لتقليل الفقد في السماد .
3- تسهيل عملية الاضافة .

العوامل المؤثرة في طريقة الاضافة

Factors Influencing Methods of Application

تعتمد الطريقة المناسبة لاضافة السماد على طبيعة التربة والمحصول والمادة السمادية المستعملة .

طبيعة التربة Nature of Soil

خصائص التربة كالنسجة والتركيب والملوحة (EC) والتفاعل (pH) والسعة التبادلية الكاتايونية (CEC) ، المغذي والحالة الرطوبية عوامل مهمة تؤخذ بنظر الاعتبار لاختيار طريقة الاضافة . نسجة التربة تؤثر في حركة المادة السمادية و pH التربة يزيد من عمليات التطاير للاسمدة الامونياكية عندما يكون اكثر من 8 . التربة ذات السعة التبادلية الكاتايونية تعمل على حجر الكاتايونات الموجودة في المادة السمادية وبالتالي تقلل من فقدها بعملية الغسل . في الترب ذات الفسفور القليل فان الاضافة تلقيما للاسمدة الفوسفاتية تقلل من عمليات التثبيت بينما في الترب متوسطة المحتوى من الفسفور فان خلط السماد الفوسفاتي بعد نثره يكون افضل ليصبح اكثر جاهزية .

في المحاصيل التي تزرع على الرطوبة المتبقية فان الاضافة العميقة للاسمدة في المنطقة الرطبة تعد ضرورية وعندما تتعذر الاضافة بالرش على الاوراق .

طبيعة المحصول Nature of Crop

اعتمادا على طبيعة النظام الجذري والمسافات التي زرع عليها المحصول ومدة مكوث المحصول في الارض وطبيعة الحاصل الاقتصادي ودليل الحصاد . فان طرقا عدة لاضافة السماد تمارس . المحاصيل ذات النظام الجذري الليفي التي تزرع بمسافات اقتصادية كالحنطة والشعير والرز فان الجذور تتواجد في الطبقة السطحية للتربة وتحت هكذا ظروف فان نثر السماد ثم الري بعد الاضافة هي الطريقة الاكثر شيوعا . اما المحاصيل التي تزرع بمسافات متباعدة وتمتاز ببطئ نموها في المراحل المبكرة فان الاضافة الموضعية تمارس بدلا من طريقة النثر التي تشمل الحقل كله .

طبيعة السماد Nature of the Fertilizer

الطريقة المناسبة لاضافة السماد تعتمد على خصائص السماد مثل الطبيعة الفيزيائية وقابليته على الذوبان وحركته بكرات اليوريا الطينية والقوالب الصغيرة (pellet) تكون مناسبة للاضافة الموضعية باليد اما الحبيبات الصغيرة او الكبيرة والمساحيق فتضاف اما تسطير او نثر . الاسمدة السائلة تضاف مع ماء الري ويمكن خلط الاسمدة مع المبيدات وترش . الاسمدة الذوابة يمكن اضافتها رشا على المجموع الخضري . الاسمدة الحاوية على المغذيات النباتية غير المتحركة و قليلة الحركة تضاف في منطقة الجذور . الاسمدة التي تتعرض للتطاير وعكس النترجة يجب ان تخلط جيدا بالتربة .

طرائق الاضافة Application Methods

الاضافة للتربة Soil Application

النثر Broadcasting :-

اضافة الاسمدة على سطح التربة وتوزيعها بطريقة متجانسة تسمى بالنثر وهذه الطريقة تمارس سواء قبل زراعة المحصول في الحقل او بين نباتات المحصول القائمة في الحقل وطريقة النثر هي الطريقة الاكثر شيوعا في العراق ودول اخرى ذلك لسهولة ممارستها وتعد طريقة النثر طريقة مناسبة مع الاسمدة الصلبة والسريعة الذوبان .

النثر والخلط مع التربة Broadcasting and Incorpormation

عموما تضاف جرعات الاسمدة الفوسفاتية والبوتاسية كاملة قبل الزراعة وبطريقة النثر ذلك لبطئ حركتها في التربة هذه الاسمدة يجب خلطها في التربة لتصبح حبيبات السماد في المنطقة الجذرية لنباتات المحصول .

تحزيم موضعي Band Placement

اضافة الاسمدة باحزمة ضيقة بجانب خط نباتات المحصول وتعرف بالاضافة الحزامية للاسمدة اي عبارة عن خط ضيق توضع فيه الاسمدة بجانب خط النباتات وتعتمد هذه الممارسة في الحالات الاتية :-

1- عندما يحتاج المحصول بداية جيدة للنشوء .
2- عندما تكون خصوبة التربة واطئة .
3- عندما تكون المادة السمادية ذات تفاعل عال مع مكونات التربة مايقود الى التثبيت
4- عندما يكون الفقد بالتطاير عالي . اعتمادا على النظام الجذري فان خط السماد يوضع مباشرة بجوار البذور او بجانب خط النباتات . بالنسبة للمحاصيل مثل الخروع والماش الاحمر والقطن ...... الخ ذات الجذور الوتدية حزام السماد يمكن ان يوضع بموضع 5 سم اسفل البذور في الحبوبيات كالحنطة والشعير والدخن ذات الجذور الليفية فمن المستحسن ان توضع الاسمدة اسفل البذور بمقدار 5 سم وببعد 5 سم عن خط البذور .

الاضافة الموقعية (التقليم) Point Placement

وضع الاسمدة بالقرب من النباتات سواء في حفرة او وضعها على سطح التربة وضغطها ثم تغطيتها بالتربة او شق الترب ووضعها وتمارس هذه الطريقة مع المحاصيل التي تزرع في خطوط والتي تزرع بمسافات متباعدة كالبطاطا والذرة الصفراء والبيضاء .... الخ . وخاصة مع الاسمدة النيتروجينية . ففي حالة قصب السكر تعمل حفرتين الى ثلاث حفر حول النباتات المتجمعة وتوضع الاسمدة النيتروجينية في الحفر وتدفن والشيء نفسه يتبع مع محصول التبغ اذ تحفر التربة ويوضع السماد في الحفرة ويتم تغطيته وهذه الطرائق تتبع لتحقيق تعويض جيد للسماد النيتروجيني . رغم ان جذور نبات المحصول تحتل نسبة صغيرة من التربة

في المراحل المبكرة لذلك لاينصح باضافة الكمية بكاملها كدفعة واحدة وبطريقة النثر. اليوريا ذات الحبيبات الفائقة او الحبيبات الكبيرة الحجم توضع في مناطق محددة ويتم ضغطها داخل الطين بين جور نباتات الرز .

وضع السماد تحت التربة Sub- Soil Placement

في هذه الطريقة توضع الاسمدة تحت التربة وبمساعدة مكائن ذات طاقة عالية وهذه الطريقة يوصى بها في المناطق الطينية وتحت الرطبة عندما يكون تفاعل التربة حامضي .

الحقن Fertigation

اضافة الاسمدة مع ماء الري تعرف بالحقن وعموما تتبع هذه الطريقة مع الري بالتنقيط .

الاضافة الى النبات Application to Plant

تغطيس الجذور Root Dipping

يتم تغطيس جذور البادرات في محلول مغذي قبل شتالها ففي الترب التي تعاني من نقص الفسفور يتم تغطيس شتلات الرز في محلول الفسفور قبل زراعتها .

رش على المجموع الخضري Foliar Spray

رش الاسمدة على المجموع الخضري لنباتات المحصول بهيئة محلول وتعرف هذه الطريقة رش الاسمدة الورقي . هذه الطريقة تناسب الكميات القليلة من الاسمدة خاصة المغذيات الصغرى . بعض العناصر الكبرى يمكن اضافتها بهذه الطريقة عندما

لاتكون هناك كمية كافية من الرطوبة في الطبقة السطحية للتربة . رش الاوراق لايعوض عن الاضافة الى التربة الا انه يعد طريقة تكميلية ويجب اخذ الحذر عند الرش لتجنب حصول احتراق الاوراق ويمكن ان تخلط مواد لاصقة مع الاسمدة تعمل على حجزها عن الاوراق دون ان تمنع امتصاصها .

وقت الاضافة Time of Application

وقت اضافة السماد يهدف الى تجهيز النبات بالكميات الكافية من المغذيات لمواجهة متطلباته وفي الوقت نفسه يتم تجنب زيادة الجاهزية عن الحدود المطلوبة وعمليات الفقد والغسل . وقت اضافة السماد يعتمد بدرجة رئيسية على نمط اخذ المغذي من قبل المحصول وخصائص التربة وطبيعة المادة السمادية فضلا عن الاستفادة من الكاربوهيدرات المصنعة من قبل النبات .

الاخذ من قبل المحصول Crop Uptake

النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم تؤخذ بكميات كبيرة في المراحل المبكرة من نمو المحصول . على سبيل المثال 95 ، 86 ، 86 % K P N تؤخذ كاملة في مرحلة نشوء الداليات في الدخن الاصبعي ، النيتروجين ضروري لتخليق البروتين لنمو وتطور الانسجة . بعد الازهار اغلب المحاصيل وخصوصا الحبوبيات تحوي اقل نسبة من النيتروجين ذلك نتيجة لتراكم اكبر كمية من الكاربوهيدرات . ان اخذ النيتروجين يكون بطيئا في المراحل المتاخرة الذي تحصل عليه بشكل عام من التربة بوساطة عملية التمعدن . البقوليات تحتاج نيتروجين الى ان تتشكل العقد على الجذور. البوتاسيوم يؤخذ تدريجيا خلال نمو وتطور المحصول .

خصائص التربة وطبيعة الاسمدة

Soil Properties and Nature of Fertilizers

الاسمدة النيتروجينية سريعة الذوبان وعالية الحركة وتفقد الى الطبقات السفلى للتربة خارج المنطقة الجذرية اذا ما اضيفت الكمية كلها وخاصة في الترب الخفيفة النسجة . الاسمدة الفوسفاتية تتفاعل وتثبت في التربة وتصبح غير متحركة . الاسمدة البوتاسية اقل حركة ذلك لانها تمدص على معقدات الطين لذا فان الاسمدة الفوسفاتية والبوتاسية تضاف دفعة واحدة عند الزراعة اما الاسمدة النيتروجينية فتضاف بدفعات عدة .

الاستفادة من الكاربوهيدرات Utilization of Carbohaydrates

ان مستوى النيتروجين والكاربوهيدرات في النبات ذات علاقة متعاكسة فعندما تضاف الاسمدة النيتروجينية بكميات كبيرة فان مستوى الكاربوهيدرات ينخفض في النبات وعندما يقل النيتروجين في النبات فان مستوى الكاربوهيدرات يزداد . وتحت مستوى كاف من النيتروجين في النبات فان الكاربوهيدرات يستفاد منها لتخليق البروتينات لان تمثيل النيتروجين يحتاج الى طاقة التي يحصل عليها اما من الضوء او من تكسير الكاربوهيدرات .

لذا فان وقت اضافة النيتروجين تعتمد على الناتج النهائي للمحصول . في المحاصيل العلفية والمحاصيل ذات الاوراق العصارية تكون ذات نسبة عالية من البروتينات مقارنة بالمحاصيل الليفية التي تمتاز بنسبة كاربوهيدرات عالية لذا فمن المهم اضافة النيتروجين على دفعات عدة . المحصول العلفي اذا مازرع لعمل السيلاج يجب ان يكون ذات محتوى عالي من الكاربوهيدرات قبل القطع للحصول على نوعية سيلاج جيدة اضافة النيتروجين يجب ان يقلل في المراحل الاخيرة من نمو النبات . كما

ان النيتروجين يجب ان لايضاف الى قصب السكر خلال مراحل النضج اذ الحاصل الاقتصادي كاربوهيدرات (سكر) .

الاضافة الاساسية Basal Application

اضافة الاسمدة قبل او اثناء الزراعة تسمى اضافة اساسية اذ ان نسبة من الكمية الموصى بها من النيتروجين وكامل كميتا الفسفور والبوتاسيوم تضاف كاساس وغالبا ما تستعمل اليوريا المحببة او المغطاة بالكبريت او مغطاة بمواد عضوية في الاضافة الاساسية .

الاضافة المجزأة Split Application

تجزأ الكمية الموصى بها من السماد الى دفعتين او ثلاث دفعات خلال موسم نمو المحصول وتعرف هذه الطريقة بالطريقة المجزأة او على دفعات . اضافة الاسمدة اثناء وجود نباتات المحصول القائم في الحقل تعرف بالاضافة الحزامية السطحية (top dressing) . ان زيادة عدد الدفعات في الترب الخفيفة النسجة ذات اهمية كبيرة ويمكن تقليلها بالترب الثقيلة في الحبوبيات تضاف الاسمدة النيتروجينية في مرحلتي التفرعات وبدء التسنبل فضلا عن الدفعة الاساسية عند الزراعة . الاضافة الحزامية للنيتروجين الى الذرة الصفراء تؤثر في اعادة توزيع ونقل الممثلات الكاربونية خلال مدة امتلاء الحبوب . ان اعلى نسبة لتوزيع الممثلات الى الحبوب تحصل عندما تضاف (5 / 1) الكمية بالاساس (عند الزراعة) و (5 / 2) عند بدء استطالة الساق و عند التزهير الذكري . الاضافة الاساسية كافية للبقوليات وغير ضرورية لقصب السكر فالنيتروجين عادة مايضاف بعد 60 و 90 و 120 يوم من الزراعة لقصب السكر والجدول (16.10) ادناه يبين الوقت الصحيح لاضافة النيتروجين للمحاصيل المهمة .

جدول 16.10 الوقت المثالي لاضافة النيتروجين لمحاصيل مهمة

المحصول	وقت الاضافة
الرز	اساس – بدء ظهور الداليات
الذرة البيضاء	اساس – بدء ظهور الرؤوس
الدخن اللؤلؤي	اساس – بدء ظهور الرؤوس
الدخن الاصبعي	اساس – التفريع – بدء ظهور الداليات
الحنطة	اساس – بدء تكون الجذور التاجية – بدء التسنبل
فستق الحقل والبقوليات الغذائية	اساس
قصب السكر	60 – 90 – 120 يوم بعد الزراعة

التسميد المتوازن Balance Fertilization

التسميد المتوازن يعني اضافة مغذيات NPK الى التربة بكميات تؤدي الى توازن المغذيات في التربة لتوفير المتطلبات لاي محصول وهي لاتعني التوازن الكمي او النسبة الكمية للمغذيات في السماد .

الاسمدة الحيوية Biofertilizer

يحوي الغلاف الجوي على 78% نيتروجين و 0.03% ثاني اوكسيد الكاربون. النبات يستطيع تمثيل الكاربون خلال عملية التركيب الضوئي حتى عندما تقل نسبة ثاني اوكسيد الكاربون الا ان اغلب النباتات لا تستطيع تثبيت النيتروجين الجوي رغم وفرته في الغلاف الجوي . بعض من الاحياء الدقيقة لها القابلية على تثبيت النيتروجين

بينما البعض الاخر لا يستطيع زيادة جاهزية النيتروجين وان مجموعة الاحياء الدقيقة المتعايشة سوف تتفاعل بتزامن وتزيد من نمو النبات . الشئ نفسه فان اللقاح الثنائي او الثلاثي سواء بالرايزوبيوم او بخليط من بكتريا مذيبة للفسفور فان ذلك يشجع نمو النبات . بكتريا الرايزوبيوم تساعد في تجهيز اعلى للمغذي وبالتالي تشجع في نمو النبات . التاثير المتزامن لتشجيع نمو النبات من قبل الرايزوبيوم وفطريات المايكورايز الوعائية ثم ملاحظته في الحنطة . اللقاح الثلاثي بالـ *Azotobacter chroccum* والـ *Bacillus* والـ *Glomus fasciculatum* زادت بشكل معنوي المادة الجافة للحنطة بمقدار 2.6 مرة اكثر من المقارنة .

الرميات Saprophytes

الاحياء الدقيقة لها القدرة على تحليل المادة العضوية بسرعة اكبر لتستعمل كسماد ذات تحرر سريع للمغذيات *Trichoderma , Penicillium , Aspergillus* تعد فطريات سليليوزية اذ تعمل على تحطيم السليليوز في المادة النباتية .

ان الفعالية الطبيعية لاعادة التحلل تستحث بينما يقل الوقت اللازم للتركيب بمقدار 4 الى 6 اسبوع عند استعمال اللقاح للاحياء الدقيقة هذه .

البكتريا التكافلية Symbiotic Bacteria

البكتريا التي تنتمي الى جنس الرايزوبيرم لها القابلية على تثبيت النيتروجين الجوي بالمشاركة مع النباتات البقولية وهناك انواع مختلفة من الرايزوبيوم التي تستعمل لاصابة المحاصيل البقولية كما في الجدول (17.10) ادناه

جدول17.10 . انواع الرايزوبيوم المناسبة للمحاصيل المختلفة

نوع الرايزوبيوم	المحصول
R. leguminosarum	البزاليا ، الباقلاء ، العدس
R. tripoli	البرسيم
R.phaseoli	الفاصوليا
R.lupini	الجت
R.japonicum	فول الصويا
R.meliloti	المدك
Cowpea miscellany	الماش ، الالبيزيا ، الاكاسيا
Separate group	الماش البنغالي

ان انواع الرايزوبيوم تدخل الى جذور النباتات العائل مكونة عقد على سطح الجذر اذ تحصل البكتريا على الماء والكاربوهيدرات من النبات وتمنحه النيتروجين . النيتروجين الذي تثبته بكتريا العقد يتم نقله عبر اوعية الخشب للنبات بهيئة اسبرجين (asparagine) والى حد ما (gluatamine) لقد قدرت كميات النيتروجين المثبته في كل محصول من المحاصيل البقولية المختلفة كما موضح في الجدول (18.10) ادناه ان كمية النيتروجين المثبته تختلف من محصول لاخر وبشكل واسع اعتمادا على المناخ والتربة وعوامل تغذوية واحيائية لذا فمن الضروري تقويم فيما اذا كان النيتروجين المثبت حيويا كافيا لتوفير متطلبات المحصول او يتطلب اضافة نيتروجين

كيميائي . المحاصيل مع بكتريا اللوبيا يمكن زراعتها حتى لمئات السنين وان اعداد البكتريا المستوطنة من الرايزوبيا عموما كافية .

جدول 18.10. كمية النيتروجين المثبتة بوساطة محاصيل بقولية مختلفة

المحصول	كمية النيتروجين المثبتة (كغم / هكتار)
فستق الحقل	206 – 27
الماش البنغالي	97 – 23
الماش الاخضر	66 – 50
الماش الاسود	140 – 119
اللوبيا	125 – 9
الماش الاحمر	200 – 4
فول الصويا	450 – 49

انواع الرايزوبيوم المناسبة للمحاصيل المختلفة والمبينة في الجدول (19.10) يتم مضاعفة اعدادها في المختبر على مادة عضوية متحللة (خث peat) وان اللقاح يمكن ان يضاف بثلاث طرائق ومن بين تلك الطرائق هي معاملة البذور وهي الافضل.

معاملة البذور Seed Treatment

بالاعتماد على كمية البذار فان الكمية المطلوبة من المادة الحاملة Jaggery يتم غليها بالماء ثم تبرد . اللقاح البكتيري (1.5 كغم / هكتار) يخلط مع محلول المادة

الحاملة Jaggery ويرش على البذور عندها ستخلط البذور مع اللقاح وينتشر عليها اللقاح وبعدها توضع البذور في الظل الى ان تجف .

معاملة التربة Soil Treatment

يخلط لقاح الرايزوبيوم مع كمية من تربة ويرش على سطح الحقل .

الاضافة الى التربة Soil Application

اذا لم يتوفر اللقاح البكتيري فيمكن جمع 200 كغم تراب من سطح تربة سطحية من عمق (2 – 10 سم) من حقل كان مزروع بالبقوليات بشكل منتظم وهذه التربة يمكن نثرها فوق تربة الحقل المراد زراعته ببقول لاول مرة .

الاحياء الدقيقة الحرة المعيشة Free Living Organisms

من الاحياء الدقيقة الحرة المهمة التي نستطيع تثبيت النيتروجين الجوي هي الطحالب الخضر المزرقة (BGA) ، *Azolla* , *Azobacter* , *Rhizospirillum* ومن بين هذه تعد الطحالب الخضر المزرقة والـ *Azolla* باستطاعتها ان تعيش والبقاء تحت ظروف الاراضي المنخفضة . كمية صغيرة من لقاح BGA و والـ *Azolla* يمكن الحصول عليه من المختبرات ويمكن اكثاره في حقول المزارعين للاضافات اللاحقة .

الطحالب الخضر المزرقة Blue – Green Algae (BGA)

انواع عدة من الطحالب الخضر المزرقة يمكنها تثبيت النيتروجين الجوي ومن بين اكثر الانواع اهمية هما *Nostoc* , *Anabaena* . ان كمية النيتروجين التي يمكن تثبيتها بوساطه الطحالب الخضر المزرقة تتراوح بين 15 الى 45 كغم / هكتار . الماء

الراكد في الحقل بارتفاع 2 الى 10 سم مطلوب لنمو الطحالب الخضراء المزرقة وهي تستطيع النمو في مدى حراري من 25 الى 45 م^{0} ضوء الشمس الساطع يزيد معدل نموها بينما الامطار والغيوم يسببان انخفاضا في معدل نموها وهي تنمو جيدا في مدى درجة تفاعل (pH) من 7 الى 8 في التربة مع وجود محتوى عالي من المادة العضوية .لقاح الطحالب الخضراء يمكن مضاعفته بصواني حديديه ذات ابعاد 2 م × 2 م × 0.25 م . هذه الصواني ترتب على نايلون (بولي اثيلين) في صفوف وتملئ كل صينية بـ 250 كغم من التربة و 400 غم من سماد سوبر فوسفات ويرش اللقاح على الصواني ويوضع عليها الماء . ان عمود الماء يوضع بعمق من 5 الى 10 سم ويجب ادامته باستمرار بهذا المستوى وخلال اسبوع فان طبقة سميكة رغوية طحلبية ستتكون . وفي هذه المرحلة يتم بزل الماء الى الخارج وتترك التربة لتجف وبعدها يتم جمع القشرة الطحلبية ويتم خزنها لتستعمل لاحقا باضافتها الى تربة الحقل المطلوب زراعته . الطحالب الخضراء المزرقة يضاف بعد شتال بادرات الرز في الحقل الدائم . يضاف اللقاح مع اضافة 10 كغم N / هكتار وللحصول على تثبيت عالي فان 3 الى 4 طن / هكتار من دمن الحضائر و 200 كغم / هكتار من سماد سوبر فوسفات يتم اضافتهما .

Azolla

الاوزلا هي سرخسيات طرية طافية على الماء حرة . ان الـ *Azolla piñnata* هي اكثر الانواع شيوعا في بعض دول العالم كالهند والصين واليابان فهي تثبت النيتروجين لان نوع *Anabaena* للطحالب الخضراء المزرقة موجود في فصوص اوراق الازولا . ان فرشة سميكة من الازولا تجهز حوالي 30 الى 40 كغم N / هكتار وهي لاتشبه الطحالب الخضراء المزرقة فهي تزدهر تحت درجات الحرارة المنخفضة. النمو الطبيعي للازولا يحصل تحت مدى درجة حرارة من 20 الى 30 م^{0}

وهي تنمو جيدا خلال موسم الامطار مع تكرار الامطار والصحو كما ان درجة التفاعل (pH) المناسبة لنموها هي 5.5 الى 7.0 .

ان مشتلا لتربيتها يجب ان يوضع في الظل تحت الاشجار اذ تهئ الواح صغيرة بابعاد 4 م × 2 م محاطة باكتاف بارتفاع 30 الى 40 سم يتم تغطية الاكتاف بالنايلون لمنع تسرب الماء من الالواح . يوضع الماء في الالواح وتضاف الـ *Azolla* بكمية 0.1 الى 0.5 كغم / م^2 ولتسريع نمو المشتل يضاف سماد السوبر فوسفات بمعدل 2.5 غم / م^2 حبيبات مبيد الكاربوفوران (carbofuren) بمقدار 1.2 غم / م^2 تضاف للسيطرة على الحشرات التي تاكل الاوراق .

تضاف الازولا الى الحقل الرئيسي كسماد اخضر وكمحصول ثنائي الغرض كمحصول سماد اخضر اذ تسمح الازولا للنمو على الحقل المغمور لمدة 2 – 3 اسبوع قبل الشتال بعدها يتم بزل الماء ويتم خلط الازولا بوساطة الحراثة وكمحصول ثنائي الغرض فان حوالي 1000 الى 5000 كغم / هكتار من الازولا تضاف الى التربة بعد اسبوع من الشتال وعندما تتكون قشرة سميكة يتم خطها والذي يبقى من الازولا بعد الخلط ينمو مجددا باستعمال العازقات الفأسية والذي يتم عزقه كمحصول ثانوي وللحصول على نمو جيد للازولا فان اضافة 25 الى 20 كغم / هكتار من سماد سوبر فوسفات واعطاء عمود ماء بعمق 5 الى 10 سم يستدام باستمرار لاستدامة نموها في حقول الرز .

الازوبكتر والازوسبرليوم *Azobacter* and *azospirillum*

Azotobacter chroccum تستطيع ان تثبت 20 الى 30 كغم N / هكتار ويمكن اضافتها كلقاح مع البذور او تغطيس البادرات او تضاف مع التربة . التلقيح يحتاج من 3 الى 5 كغم / هكتار وان اضافة 5 طن من دمن الحضائر يساعد في

حصول نمو افضل عن *Azotobacter* التي يمكن استعمالها للرز والقطن وقصب السكر والـ *Azospirillium* يمكن استعمالها للذرة البيضاء .

المايكورايزا و البكتريا المذبية للفسفور

Mycoryza and Phosphorous Solublising Bacteria

جاهزية الفسفور وكفاءة استعمال الاسمدة الفوسفاتية يمكن زيادتهما مع المايكوريزا والبكتريا المذيبة للفسفور والفطريات . المايكورايزا تغطي جذور محاصيل عدة وتعمل على اذابة فوسفات التربة . التلقيح بالمايكورايزا يزيد من حاصل القرنات لمحصول فستقل الحقل . بعض الاحياء الدقيقة مثل *Bacillus Polymyxa , Aspergillus awaneorii , Pseudomonas striate* لها القابلية على اذابة الفوسفات وان التلقيح بهذه الانواع يزيد من جاهزية الفسفور .

ادارة المغذي المتكاملة Integrated Nutrient Management

المغذيات النباتية يمكن تجهيزها من مصادر مختلفة من الدمن العضوي ومتبقيات المحاصيل والاسمدة الحيوية والاسمدة الكيميائية وللانتفاع الجيد من المصادر السمادية ولانتاج محاصيل باقل التكاليف . تعد الادارة المتكاملة للمغذيات مسارا جيدا ففي هذا المسار فان كل المصادر المحتملة للمغذيات تضاف على اساس الاعتبارات الاقتصادية والتوازن المطلوب للمحصول واكمال النقص باضافة الاسمدة الكيميائية . متبقيات المحصول تضيف نسبة معينة من المغذيات وتعتمد كميتها على المحصول (جدول 19.6) .

بقايا محصول الدخن الاصبعي يضيف حوالي 43 كغم N / هكتار بينما متبقيات الرز تضيف حوالي 17 كغم N / هكتار كما تضيف متبقيات الدخن الاصبعي 3.7 والرز 2.9 كغم P_2O_5 / هكتار وبوساطة تقدير دقيق لكمية المغذيات التي تجهزها

متبقيات المحاصيل للتربة فان اضافة الاسمدة الكيميائية يمكن تقليلها وفقا لذلك . اضافة المادة العضوية وباي صيغة يقلل من فقدان الاسمدة النيتروجينية وتزيد من كفاءة استعمال السماد .

جدول 19.10. متبقيات المحصول لمحاصيل مختلفة وقيم المغذيات فيها

المحصول	الحاصل الكلي (حبوب + قش) كغم / هكتار	وزن التبن كغم / هكتار	محتوى المغذيات		
			N	P_2O_5	K_2O
الرز	15.536	4.200	0.42	0.066	0.65
الذرة البيضاء	5.150	2.889	0.21	0.086	0.33
الذرة الصفراء	14.950	667	0.21	0.060	0.83
الدخن الاصبعي	18.800	3.111	1.40	0.120	0.66
دخن ذيل الثعلب	6.500	1.200	0.98	0.070	0.17
الجلجل	500	338	0.70	0.098	0.17

الفصل الحادي عشر

ادارة الادغال

WEED MANAGEMENT

عندما ينمو النبات في مكان لا تحتاجه يعد افه . الدغل Weed هو نبات ينمو في مكان لا تحتاجه (نبات خارج مكانه الطبيعي) ، فهي تستطيع ان تنمو وتزدهر في الترب الهامشية . اكثر من 50% من الكيميائيات الزراعية مصممة لمكافحة الادغال وتدعى (مبيدات الادغال Herbicides) .

ماهي الاهمية الاقتصادية للأدغال في انتاج المحاصيل ؟ الادغال غير مرغوبة في انتاج المحاصيل لأسباب عدة منها :-

1- تتنافس مع النباتات المزروعة على عوامل النمو (الضوء والماء والمغذيات) مما يتسبب انخفاض الحاصل .
2- تكون احيانا ملجأ للآفات مثل القوارض Rodents والافاعي Snakes والحشرات Insects والمسببات المرضية Pathogens .
3- تزيد كلفة انتاج المحاصيل ، وذلك بسبب مكافحة الادغال يدويا او كيميائيا او ميكانيكيا مما يضيف كلفة اقتصادية الى كلفة انتاج المحصول .
4- عند حصاد الحبوب ، تتلوث ببذور الادغال ، وان تنظيف هذه الحبوب يضيف كلفة اخرى على كلفة الانتاج ، فضلا عن ان نوعية الحبوب وقيمتها التجارية ستنخفض.
5- بعض الادغال سامة او مؤذية للإنسان والحيوان
6- تخفض قيمة الارض الاجمالية (الكلية) حيث يغزو الارض بمنظر قبيح غير مرغوب للإنسان .
7- انسداد قنوات الري او عرقلة جريان الماء مما يخفض كفاءة نقل الماء ويزيد من تكاليف تطهير القنوات .

مفهوم الادغال Concept of Weed

اول من استعمل كلمة Weed (ادغال) في الوقت الحاضر هو (jethro tull) . واستعملت تعاريف عدة للدغل كما يأتي :-

1- نبات ينمو في مكان عندما لا يكون مطلوبا .
2- نبات غير مطلوب .
3- النبات الذي يكون خارج مكانه الصحيح .
4- نبات ضار جدا عديم الفائدة وغير مطلوب او سام .
5- اي نبات او نمو خضري ، ماعدا الفطريات ، يتداخل مع نشاط الانسان او متطلبات المجتمع .

مشاكل الادغال Weed Problems

الادغال تستنفد العناصر المغذية والماء والضوء في بيئة المحاصيل ، ينخفض الحاصل كثيرا بالإضافة الى ان الادغال تسبب الاعاقة للعمليات الزراعية وانخفاض نوعية المنتج ويمكن استعراض مشاكل الادغال بما يأتي :-

1- زيادة (توسع) الفقد في حاصل المحاصيل Extent of Loss in Crop Yield :- التوسع في فقد حاصل المحاصيل بسبب الادغال يعتمد على كثافة انتشار الادغال و وقت الحدوث و نوع الدغل عندما تكون الحنطة غزيرة النمو (435 نبات / م^2) مع وجود الشوفان البري *Avena fatua* فان الفقد في الحاصل يعتمد بشكل اساسي على الانخفاض في عدد الحبوب في السنبلة ويتبعه انخفاض عدد الفروع . حاصل حبوب فول الصويا ينخفض بشكل خطي مع مدة حياة ومنافسة الدغل من 45 – 90 % في الموسم الجاف ومن 90 – 100% في الموسم الرطب. الفقد في حاصل الحبوب للحنطة بمدى من 46 – 64 % بالاعتماد على منافسة الدغل . مدى الفقد بسبب الادغال كمعدل في مختلف المحاصيل يتراوح

بين30- 40% مثل فول الصويا والذرة الصفراء والبطاطا والخضر وبمدى 15 – 20 % في محاصيل الحبوب .

2- **التداخل Interference :-** الادغال لا تسبب الفقد بحاصل الحبوب فقط بل تتعارض وتتداخل مع العمليات الزراعية ، من وضع البذور في التربة الى الحصاد

3- **فقد النوعية Loss of Quality :-** ان تلوث الحبوب الغذائية ببذور الادغال مثل الداتورة Datura و Argemone و Brassica ..... الخ فأنها تكون مؤذية ومضرة بصحة الانسان اضافة الى تسببها بروائح كريهة في المنتجات الصناعية للحبوب .

4- **ملجأ (ملاذ) للآفات والامراض Harbour Pests and Diseases :-** وجود الادغال في موسم الزراعة داخل الحقول وفي الاراضي المتروكة وقنوات الري تكون ملجأ للآفات والامراض التي تهاجم المحاصيل المزروعة (جدول 1.11)

5- **تهدد صحة الانسان Menace to Human Health :-** الادغال تكون ملجأ للكائنات الحية مثل البعوض الذي يسبب نقل الامراض للإنسان . بعض الادغال تكون سامة للإنسان واخرى تنتج حبوب لقاح تسبب الحساسية للإنسان .... الخ .

جدول 1.11. العوائل لبعض الآفات المهمة والامراض

ت	المحصول	الافة	العائل البديل (الادغال)
1	الماش	Gram caterpillar جرار الماش	Amarathus , Datura
2	الخروع	Hair caterpillar الجرار الشعري	*Crotalaria spp.*
3	الرز	Stem borer حفار الساق	Echinochloa , Panicum
4	الحنطة	Black rust الصدأ الاسود	*Agropyron repens*
5	الدخن	Ergot اركوت	*Cenchrus ciliaris*
6	الذرة الصفراء	Powdery mildew البياض الدقيقي	*Sacharum spontaneum*
7	فستق الحقل	Peanut stem necrosis	*Parthenium*
8	قصب السكر	Leaf Curl virus	Common / Lambs quarters
9	الذرة الصفراء	Maize dwarf mosaic	Virus Johnson grass
10	الحنطة	Powdery mildew	Wild Oats

تصنيف الادغال Classification of Weeds

هناك اكثر من 30.000 نوع من الادغال حول العالم وان حوالي 18000 منها تسبب خسائر جدية للمحاصيل لذلك يمكن ان تصنف الادغال بطرق مختلفة منها :-

1- دورة الحياة (مدة البقاء) (Life Cycle (Duration :- تصنف اعتمادا الى دورة حياتها بثلاثة تقسيمات هي :-

أ- حولية Annuals :- تكمل دورة حياتها في سنة واحدة او فصل واحد . اغلب الادغال تدخل ضمن هذا القسم (حولية) وهذه تكون سهلة المكافحة تقريبا . تتكاثر بالبذور عموما وتنتج اعداد كبيرة من البذور للنبات الواحد ، لذلك يجب التخلص من الازهار او ازالة النباتات قبل الازهار . هناك نوعين من الادغال الحولية :

- **حولية صيفية Summer annuals :-** تنبت في الربيع وتنمو خلال الصيف مثل (ذيل الثعلب Foxtail وعرف الديك والدنان والدهنان والبربين) .
- **حولية شتوية Winter annuals :-** تنبت في الخريف وتنمو خلال الشتاء وتنتج البذور في الربيع مثل (الحنيطة والرويطة والحندقوق والخباز والشوفان البري والكلفان والسيلجة والفجيلة ....الخ) .

ب- ثنائية الحول Biennials :- تكمل دورة حياتها في سنتين او في موسمين ،في السنة الاولى تنمو وتتطور خضريا وفي السنة الثانية تنتج الازهار والبذور فهي تحتاج الى موسمين كاملين مثل (الجزر البري والكسوب الارجواني) .

ت- الدائمية Perenials :- تنمو لأكثر من سنتين تتكاثر بالأجزاء الخضرية فضلا عن البذور ، وهي صعبة المكافحة منذ بدأ تأسيسها في الحقل للمرة الاولى مثل (حشيشة جونسون Johnson grass و اللبلاب Bindweed ، الحلفا ، القصب البري .... الخ) .

2- الفلق Cotyledons :- تصنف الادغال الى ذوات الفلقة الواحدة و ذوات الفلقتين. هذا التصنيف يكون مفيدا خصوصا لأغراض المكافحة الكيميائية . بعض مبيدات

بعض مبيدات الادغال مثل 2,4-D و MCPA اكثر فعالية على ادغال ذوات الفلقتين بينما Dalapon و Fluchloralim فعالة اكثر على ادغال ذوات الفلقة الواحدة .

3- نوع الاوراق Type of Leaves :- الادغال ربما تصنف اما الى ذات اوراق عريضة Broadleaf او اوراق رفيعة (ادغال الحشائش) وهذه صعبة المكافحة وهي تشكل معظم الادغال الضارة مثل (Bermudagrass , Quackgrass , Nutgrass) وتتصف بان اوراقها رفيعة وعمودية اما الادغال عريضة الاوراق مثل (Milk weed) فان اوراقها عريضة وافقية مع الارض عموما مع وجود براعم طرفية .

4- الصفات المظهرية Morphological Characters :- يعد هذا التصنيف من اشهر التصنيفات المستعملة فهي تصنف على اساس الاوراق (عريضة و رفيعة) والاغصان والاجزاء التي تكون تحت الارض وتحتاج الى تقنيات عدة للسيطرة على كل مجموعة وعموما فان اغلب الادغال التي تنتمي الى العائلة النجيلية تعرف على انها حشائش والادغال التي تنتمي الى ذوات الفلقتين تصنف الى انها عريضة الاوراق . الجدول (2.11) يبين اسوء الادغال العالمية .

جدول 2.11. اسوء ادغال العالم

الظهور		حولي او دائمي	نوع الدغل	الاسم الشائع	الاسم العلمي	التسلسل حسب الاهمية
عدد البلدان	عدد المحاصيل					
92	52	دائمي	حشائش	(السعد) Nutgrass	*Cyperus rotundus*	**1**
80	40	دائمي	حشائش	حشيشة برمودا (الثيل) Bermuda grass	*Cynedon dactylon*	**2**
61	36	حولي	حشائش	Barnyard grass (الدهنان)	*Enhnichloa colonum*	**3**
60	35	حولي	حشائش	(الدنان) Jungle rice	*Echinochloa crusgalli*	**4**
60	46	حولي	حشائش	Goose grass	*Eleusine indica*	**5**
53	30	دائمي	حشائش	Jhonson grass (السفرندة)	*Sorghum halpense*	**6**
73	35	دائمي	حشائش	Coarse grass (الحلفا) Blade grass	*Imperata cylindica*	**7**
30	في قنوات الري	دائمي	عريضة الاوراق	Water hyacinth (زهرة النيل)	*Eichornia crassipes*	**8**
81	45	حولي	عريضة الاوراق	(البربين) Purslane	*Portulaca oleracea*	**9**
47	40	حولي	عريضة الاوراق	Fat hen الرغيلة	*Chenopodiun album*	**10**
56	33	حولي	حشائش	Large crab grass	*Digitaria sauguinalis*	**11**
44	32	دائمي	عريضة الاوراق	المديد Field bind weed	*Conrolvulas arvenisis*	**12**

مأخوذ عن The World's Worst Weeds (Holmet al , 1977)

صفات وطبيعة تأثير الادغال

Characteristics and Effects of Weeds

صفات الادغال Characteristics of Weeds

رغم ان كلا المحاصيل والادغال هي نباتات الا انه يوجد فرق كبير في صفات النمو وطبيعة التأثير والفوائد او الاضرار المتوقعة منهما .

لماذا الادغال ذات منافسة عالية في الحقل وصعبة المكافحة ؟

تملك الادغال خصائص معروفة تزيد من قابليتها على الحياة وتجعل منها صعبة المكافحة للأسباب التالية :-

1- انتاج البذور او حجم البذور Seed Production and Seed size :- الادغال تنتج اعداد كبيرة من البذور مقارنة بالمحاصيل مثلا (الذرة الصفراء تنتج 400 حبة / نبات ، بينما الدغل مثل (دغل الخنزير pigweed) ينتج حوالي 20.000 بذرة / نبات) ومن الصفات الاخرى ان اغلب الادغال تنتج بذور صغيرة الحجم جدول (3.11) وتستطيع الانبات على سطح التربة .

جدول 3.11. عدد البذور في النبات و وزن الف بذرة لبعض الادغال والمحاصيل المهمة

ت	دغل / محصول	النوع	عدد البذور في النبات	وزن الف بذرة (غم)
1	Barnyard grass دنان	دغل	7160	1.40
2	Lambs quarters	دغل	72450	0.70
3	Kochia	دغل	14600	0.85
4	Yellow nutsedge	دغل	4420	0.19
5	Rice الرز	محصول	1000	22.00
6	Maize الذرة الصفراء	محصول	600	280.00
7	Groundnut فستق الحقل	محصول	40	500.00

2- **السكون Dormancy :-** اغلب بذور الادغال تملك صفة السكون التي تعد الية لتتجنب الظروف المحيطة غير المناسبة فهي تنبت فقط عندما تكون الظروف ملائمة من الرطوبة والحرارة والضوء .

3- **المقاومة Resistance :-** تكون عادة اكثر مقاومة للظروف البيئية المتباينة (الحرارة والجفاف وانخفاض الضوء والآفات) .

4- ادغال معينة تملك مواصفات تشبه مواصفات نباتات المحاصيل المزروعة التي تكون متزامنة معها كمثال الحنطة مشابهة في النمو والطبيعة الى ادغال الحنيطة والرويطة وكلاهما حولية شتوية كما الحنطة وان الذرة الصفراء ودغل السفرندة كلاهما ذات موسم نمو دافئ .... الخ .

5- **التكاثر الخضري Vegetative Reproduction :-** بعض الادغال تتكاثر بالرايزومات والابصال والدرنات .... الخ وهي من الصفات الاخرى للأدغال التي تجعلها مقاومة للظروف الجوية المختلفة وتساعد في ادامتها واستمرار بقائها .

6- **المنافسة Competitions :-** الادغال منافسة بشكل قوي وتنتشر بسرعة وبطرق عدة وعند قطعها (حشها) فأنها تستعيد النمو بسرعة وتنتج بذور بسرعة .

7- **نظام الجذور Root System :-** الادغال ذات الفلقة الواحدة تعتمد على الجذور الاولية (البذرية) خلال مرحلة الانبات بينما الادغال ذات الفلقتين تملك نظام جذري رئيسي في البداية وعند تقدم النمو فان الجذر الرئيسي ينمو عميقا في التربة ويحدث فيه تثخن ثانوي ويخزن مواد غذائية في هذه المرحلة حتى اذا تم ازالة الجزء الخضري فان الدغل قد يبقى على قيد الحياة .

8- **نوع التركيب الضوئي Type of Photosynthesis :-** معظم الادغال تكون من نوع نباتات C_4 من حيث التركيب الضوئي فهي تستمر في النشاط والاستفادة حتى في حالة الشد الرطوبي وتستطيع الحصول على CO_2 في مستوى منخفض .

تأثير الدغل Effects of Weed

يعتمد تأثير الدغل على عوامل عدة منها :-

1- **كثافة الادغال Weed Density :-** كلما زادت كثافة نباتات الادغال بين نباتات المحصول المزروعة كلما زاد تأثيرها من حيث المنافسة على عوامل النمو (الماء والمغذيات والضوء والفراغ) وهناك ادغال معينة حتى اذا كانت كثافتها واطئة فأنها تكون مؤثرة جدا مثل الادغال السامة للإنسان والحيوان .

2- **وقت ظهور الدغل Timing of Weed Appearance :-** هناك اوقات محددة في دورة حياة المحصول المزروع هي الاكثر تأثرا بالدغل ، عموما الحقل في المدة من التأسيس المحصول الى الاستطالة يجب ان يكون خالي من الادغال . انواع المحاصيل السريعة النمو مثل الذرة الصفراء و فول الصويا لها القابلية على النمو والتمدد في الحقل سريعا ومنافسة جيدة للأدغال بينما الانواع البطيئة النمو يمكن ان تدمر عند ظهور الادغال مبكرا في موسم النمو .

3- **حياتية النبات Plant Biology :-** استمرار عملية التركيب الضوئي للنبات وتثبيت CO_2 يلعب دورا مهما في المنافسة بين المحصول والدغل ، فنباتات C_4 لها مستوى عالي من التركيب الضوئي اكثر من نباتات C_3 وتستطيع الاستمرار في التركيب الضوئي تحت درجات الحرارة العالية وقوة اشعة عالية ايضا . بينما نباتات C_3 تتنفس ضوئيا تحت هذه الظروف .

مراحل نمو الادغال Weed Growth Stages

الدغل ينمو ويتطور بمراحل تشابه تلك التي للمحاصيل . اهم مراحل نمو حشائش الادغال مبينة في الجدول (11 . 4)

جدول 4.11. المراحل التطورية لأدغال الحشائش

التسمية (الرمز) Code	Development stage المرحلة التطورية
0	Germination الانبات
1	Seedling البادرات
2	Tillering التفرع
3	Stem elongation استطالة الساق
4	Booting البطان
5	Inflorescence emergence بزوغ النورات
6	Anthesis نثر حبوب اللقاح
7	Milking الطور الحليبي
8	Dough العجيني
9	Ripening النضج

تعد المراحل المبكرة لنمو الادغال مهمة في موضوع مكافحتها . مرحلة البادرات تعد مرحلة رئيسية تقسم الى اقسام ثانوية بالاعتماد على عدد الاوراق . تدخل الورقة بالحساب عند ظهور نصلها بالكامل . في حالة الادغال لذوات الفلقتين فان الورقة تدخل في الحساب عندما يظهر نصف حجمها او عندما يكون طول السلامية للورقة الجديدة اكثر من 0.1 سم وان مراحل النمو المهمة للأدغال عريضة الاوراق هي الانبات – البادرات – التفرع – الازهار – تطور البذور و النضج .

المنافسة بين المحصول والدغل Crop – Weed Competition

النباتات تحتاج العناصر الغذائية والماء والضوء و CO_2 للنمو . الضوء و CO_2 يستعمل بوساطة الاوراق ، المنافسة على هذين العاملين يكون فوق الارض . المنافسة على العناصر الغذائية والماء يكون تحت الارض وهي تمتص بوساطة الجذور . في المراحل المبكرة لنمو المحصول والدغل فان دليل المساحة الورقية وكثافة الجذور يكونا منخفضين وكل نوع نباتي يحصل على متطلباته وينمو كل منهما بمعزل عن الاخر لقلة المنافسة. في المحاصيل الرئيسة فترة عدم التداخل بين

المحصول والدغل تكون قصيرة جدا . المنافسة من قبل الدغل تبدأ بمرحلة الثلاث ورقات له .

عندما تتقدم النباتات بالنمو فان دليل المساحة الورقية وكثافة الجذور يزدادان وتبدأ المنافسة على عامل معين او عوامل عدة من عوامل النمو وكما يلي :-

1- المنافسة على العناصر الغذائية Competition for Nutrients :- نتيجة الدراسات ظهر ان تركيز العناصر الغذائية الممتصة من قبل الادغال تكون اكثر منها في المحصول المنافس وكما يظهر في الجدول (11 . 5)

جدول 11 . 5 . المنافسة الكيميائية للذرة الصفراء والادغال المرافقة

ت	النبات	النوع	محتوى المغذيات				
			N	P	K	Ca	Mg
1	الذرة الصفراء Maize	محصول	1.20	0.21	1.19	0.16	0.15
2	Amaranthus عرف الديك	دغل	2.61	0.40	3.86	1.63	0.44
3	Portulaca بربين	دغل	2.39	0.30	7.31	1.51	0.64

الكتلة الحيوية للأدغال ربما تشكل 50% من الكتلة الحيوية الكلية لحقول الذرة الصفراء وتسبب ان حوالي 64- 83 % من المغذيات تتركز في الادغال . (جدول 6.11) . في حقول فستق الحقل فان العناصر الغذائية التي تمتص بوساطة الادغال عالية خصوصا عنصري P , K التي تزيد عن 80% من العناصر الغذائية الكلية الممتصة بوساطة المحصول وادغاله المرافقة له (جدول 11 . 7) .

جدول 11 . 6 . المادة الجافة والمغذيات الممتصة للمحصول والادغال المرافقة

ت	النبات	المادة الجافة كغم / هـ	المغذيات الممتصة كغم / هـ				
			N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**
1	الذرة الصفراء Maize	6.195	30.2	5.49	62.8	14.06	5.98
2	الادغال Weeds	6.171	55.0	9.69	297.5	43.45	39.94
3	مجموع المغذيات	-	85.2	15.19	360.3	57.51	45.92
4	النسبة الى مجموع المغذيات (المحمولة بواسطة الادغال) %	-	64	64	83	76	83

جدول 11 .7 . المغذيات الممتصة بواسطة فستق الحقل وادغاله المرافقة

ت	النبات	المغذيات الممتصة (كغم / هـ)		
		N	P_2O_5	K_2O
1	فستق الحقل Groundnut	48.27	4.41	8.06
2	الادغال Weeds	21.23	28.33	38.86
3	المجموع	69.50	32.74	46.92
4	النسبة الى مجموع المغذيات (المحمولة بواسطة الادغال) %	30.50	86.53	82.80

2- المنافسة على الضوء Competition for Light :- عموما الادغال تنمو اسرع من نباتات المحصول تؤدي الى تغطية نباتات المحصول اذا لم يتم السيطرة عليها . حتى في حالة الادغال القصيرة فان الاوراق السفلى للمحصول سوق تظلل بالأدغال . تعمل الادغال على حجب الاشعة الفعالة للتركيب الضوئي ، مما يؤدي الى تقليل التركيب الضوئي للمحصول وتقصر عمر الاوراق السفلى للمحصول . شدة الضوء الذي يصل الى اوراق الذرة الصفراء يكون حوالي 56 – 63 % في الجو المشمس و 50 – 57 % في الطقس الغائم اعتمادا على الاختلاف في ارتفاع نباتات دغل حليان (السفرندة) *Sorghum halepense* الذي يسبب التظليل .

نباتات المحاصيل ستكون هزيلة (ضعيفة) شاحبة اللون مع انخفاض في الحزم الناقلة والخلايا المرستيمية في حالة قلة الضوء الواصل اليها نتيجة لفعل الادغال في حجبه .

3- المنافسة على الماء Competition for Water :- كمية الماء المطلوبة لإنتاج كمية من المادة الجافة تعرف كنسبة للنتح . نسبة النتح للأدغال عالية بالمقارنة مع المحصول . نسبة النتح للدغل (الثيل) *Cynodon dactylon* حوالي 813 يقابلها 450 للدخن و 430 للذرة الصفراء . هذه المؤشرات تعني زيادة الطلب على الماء لنمو طن من الدغل مقارنة لنمو طن واحد من المحصول لذلك فان الادغال تستنفد ماء غزير وتقلل رطوبة التربة بسرعة وتحرم نباتات المحاصيل من الرطوبة خصوصا في الاراضي الجافة . ان تداخل نمو جذور الدغل مع جذور المحصول يؤدي الى تقليل نمو جذور المحصول فتقل قابليته على اخذ الماء بكميات اكبر .

4- المنافسة على ثاني اوكسيد الكاربون Competition for CO_2 :- تحدث المنافسة عندما يكون هناك انتشار كثيف للأدغال وبما ان الادغال هي من نباتات C_4 لذلك فهي تتنافس على CO_2 حتى في مستوياته المنخفضة جدا بالمقارنة مع المحاصيل . عند زيادة محتوى CO_2 صناعيا من 350 الى 700 جزء بالمليون ، فان قابلية المنافسة لمحاصيل C_3 مثل فول الصويا يزداد بالمقارنة الى الدغل المرافق C_4 المسمى حليان (السفرندة) *Sorghum halepense* .

المدة الحرجة لمنافسة الادغال

A Critical Period of Weed Competition

المدة الحرجة لمنافسة الادغال يمكن ان تحدد بزمن قصير خلال نمو المحصول. المدة الحرجة لمنافسة الادغال تعرف على انها المدة بين النمو المبكر للأدغال بدون تأثير على حاصل المحصول الى النقطة التي بعدها لا يكون هناك تأثير

للدغل على المحصول . ان المدة الحرجة لمنافسة الادغال تكون حوالي 30 يوم لأغلب المحاصيل (جدول 11 . 8) .

جدول 11 . 8. الفترة الحرجة لمنافسة الدغل لمحاصيل مختلفة

ت	المحصول	الفترة الحرجة (يوم بعد الزراعة)	
		من	الى
1	الرز (شتل)	15	45
2	الرز الامريكي	كامل المدة	
3	الذرة البيضاء	15	45
4	الذرة الصفراء	15	35
5	الدخن	25	45
6	فول الصويا	15	45
7	الماش	30	45

العوامل المؤثرة على المدة الحرجة لمنافسة الادغال

Factors Influencing Critical Period of Weed Competition

المدة الحرجة لمنافسة الدغل تبدأ مع بداية تأثير الادغال الى نهايته عندما يغطي المحصول 80% من الارض المزروع فيها . طور المنافسة للدغل يعتمد على طبيعة المحصول وقابليته على المنافسة وعلى الصنف وظروف النمو .

1- طبيعة المحصول Natural of Crop :- من المؤكد ان المحاصيل مثل الذرة البيضاء والصفراء وزهرة الشمس تنمو اسرع وتغطي الارض بسرعة وبذلك تكون المدة الحرجة لنمو المحصول في منافسة الدغل قصيرة . في محاصيل اخرى مثل البنجر السكري والبطاطا والقطن التي تبدأ نموها ببطيء وتزرع بمسافات واسعة فأنها تأخذ وقت اطول لتغطية التربة لذلك فان المدة الحرجة لمنافسة الدغل تكون اطول نسبيا .

2- الاصناف Varieties :- الاصناف المعروفة بنموها الطويل مع غزارة في التفرع وتغطية خضرية اكثر واسرع للأرض بصورة مبكرة فأنها تكون ذات تأثير كابح للدغل بينما النمو القائم مع نباتات قصيرة الارتفاع لأصناف اخرى فأنها تسمح لكمية اكبر من الضوء بالاختراق مما يجعل مدة بزوغ الادغال اطول وبذلك تكون المدة الحرجة لمنافسة الدغل اطول لمثل هذه الاصناف .

3- ظروف النمو Growing Condition :- ينمو الرز في ظروف مغمورة بالماء ويغطي الارض بسرعة . بينما الرز المزروع في الاراضي المرتفعة (غير المغمورة) فانه يعطي مدة اطول لمنافسة الدغل .

تأسيس الادغال Establishment of Weeds

1- انتشار البذور Seed dispersal :- اجتياح بذور الدغل من اراضي اخرى تعد احدى الحالات التي تؤدي الى تأسيس اعلى للدغل في حقل المحصول . هناك عدة طرق لانتشار بذور الادغال منهما :- الرياح والماء والانسان والحيوانات . الرياح هي المصدر الرئيس للانتشار الواسع للأدغال . ادغال عديدة لها تحويرات في تركيبها تساعد الدغل على الطيران بوساطة الرياح لمسافة طويلة و بذور كثيرة من الادغال تكون خفيفة جدا في الوزن مما يجعلها تتحرك بالرياح الشديدة . بعض بذور الادغال تحمل بوساطة الشعر والصوف المتشابك للحيوانات او تتدحرج على سطح التربة . ماء الري هو مصدر اخر مهم لانتشار الادغال خصوصا قنوات الري الرئيسية لكون بذور الدغل خفيفة مما يجعلها تطفو على الماء وتغزو حقول اخرى، انتشار بذور الادغال كذلك يحدث بسبب الاستيراد والتصدير للحبوب الغذائية غير المنقاة بشكل جيد . عند رعي الحيوانات وتغذيتها على الحشائش فان اغلب البذور تفقد قابليتها على الانبات ولكن تبقى نسبة من هذه البذور ذات حيوية وقابلية على الانبات بعد الهضم وهي حوالي 0.2% للدجاج و 6.4% للأغنام و

9.6% للعجول كما يعتبر السماد الاخضر للحقول مصدر اخر مهم لانتشار بذور الادغال عند اضافته للحقل .

2- الانبات Germination :- عدد بذور الادغال التي تنبت في وقت معين تعتمد على :-

أ- بنك البذور Seed - Bank:- سرعة الاستعادة من السكون وحيوية البذور في الطبقات العليا من التربة تحدد طبيعة مجتمع الادغال . في دراسة اخذت نماذج من 21 مرعى في نيوهمشاير (New Hampshire) وجد ان التربة تحوي على 73 نوع من انواع الدغل . وفي دراسة اخرى وجدت اكثر من 4000 بذرة دغل / $م^2$ في 0 – 30 سم من عمق التربة . واذا استمرت المكافحة السنوية للأدغال فان مجتمع البذور سينخفض 20 – 50 % في السنة . المشكلة ان اغلب مبيدات الادغال لا تؤثر على البذور الساكنة .

ب- السكون Dormancy :- يمكن ان يعود سكون البذور الى ان غلاف البذرة يكون محكم (لا يسمح) بمرور الماء والاوكسجين وعدم توفر متطلبات درجة الحرارة اللازمة ، اضافة الى الضوء وكذلك بسبب وجود مثبطات كيمياوية للإنبات وعدم نضج الجنين .

ومن انواع السكون هو السكون بالقوة الغريزية اما ان تكون البذور موجودة في طبقة عميقة من التربة مع غياب الضوء او تكون تحت ظلام الغطاء الخضري للمحصول او السكون بالقوة نتيجة العامل الوراثي . يمكن ان يستحدث السكون بفضل درجات الحرارة العالية او الواطئة او زيادة CO_2 وانخفاض O_2 او الغمر لفترة طويلة بالماء ويمكن كسر السكون باستعمال الجبرلين والاثيلين .

ت- طول العمر Longevity:- على خلاف بذور المحاصيل ، بذور الادغال تبقى ذا حيوية لمدة اطول ويمكن ان تنبت عندما تتهيأ الظروف المناسبة فقد

وجدت بذور اللوتس (الزنبق Lotus) في Lakebed في منشوريا Manchuria وهي بعمر 1000 سنة وهي لاتزال حية .

ث- التطبيقات الزراعية Cultivation Practices:- اغلب بذور الادغال تنبت بسرعة عندما تكون الظروف البيئية ملائمة . انبات بذور الادغال يتأثر بماء التربة ، و درجة الحرارة التربة وتبادل جفاف و رطوبة التربة وتوفر الضوء الملائم الذي يعد الاكثر اهمية للسكون والانبات ودرجة الحرارة المثالية مهمة جدا لإنبات بذور الادغال وهي تختلف حسب الانواع.

وجد ان الحراثة في الليل تخفض انبات بذور الادغال بصورة ملحوظة (اكثر من 70%) لكون البذور لا تتعرض للضوء وخصوصا الادغال رفيعة الاوراق . الحراثة النهارية يمكن استخدامها لتقليل بنك بذور الادغال لحملها على الانبات ومكافحتها . التوصية المهمة في هذا المجال هو ان تكون الحراثة الاولية في النهار والحراثة الثانوية خلال الليل في حين ان حراثة الحد الادنى تؤدي الى زيادة مجتمع الادغال المعمرة .

التطبيقات الزراعية تعزز نمو المحصول وتؤدي الى تقليل الكتلة الحيوية للدغل وانتاج بذوره ، فعلى سبيل المثال في حقول الذرة الصفراء عند اجراء التطبيقات الزراعية لإضافة السماد النيتروجيني فان نوع الدغل (ذيل الثعلب) سوف يكبح تواجده بنسبة 10 - 15 % كما ان الخطوط الضيقة للزراعة او استخدام الكثافة النباتية العالية تؤدي الى تقليل مجتمع الادغال في حقل المحصول . وفي المحاصيل التي تقطع (تحش) فان الحشة الثانية تقلل الكتلة الحيوية للدغل بحدود 25 – 30 % .

3- نمو البادرات Seedling Growth :- بادرات الادغال من ذوات الفلقتين عموما تملك نظام جذري اولي عميق وانتشار واسع في التربة . البادرات تملك تكيفات حماية لتبقى على قيد الحياة تحت الشد الرطوبي كونها تملك مقدرة خزن الماء مع

نمو مبكر وبطئ بعد اسبوع واحد من الزراعة ، الجذور الاولية تتطور وتظهر العقدة الاولى للجذر خلال الاسبوع الثالث .

طرائق مكافحة الادغال Weed Control Methods

طرائق مكافحة الادغال تقسم الى زراعية ، فيزيائية ، كيميائية وإحيائية . كل طريقة من هذه الطرائق لها فوائدها ومضارها ولا توجد طريقة مفردة منها يمكن ان تنجح تحت كافة حالات تواجد الادغال . تكرار المكافحة وتوليفة من هذه الطرائق تعطي نتائج مؤثرة واقتصادية من استخدام طريقة واحدة (مفردة) وهذه تسمى ادارة الادغال المتكاملة .

الطرائق الزراعية لمكافحة الادغال

Cultural Methods of Weed Control

تطبيقات عدة زراعية مثل الحراثة وعملية الزراعة واضافة السماد والري التي تعطي للمحصول الظروف المفضلة ، اذا استعملت هذه التطبيقات كما ينبغي فأنها تساعد في مكافحة الادغال . طرائق الزراعة وحدها لا تتمكن من مكافحة الادغال ، ولكنها تساعد في تقليل مجتمع الادغال لذلك تستخدم بتوليفة مع الطرائق الاخرى . الطرائق الزراعية تعد مهمة جدا اضافة الى اختيار الصنف و وقت الزراعة والنظام المحصولي وتنظيف الحقل .... الخ هي الاخرى مفيدة في مكافحة الادغال وهي كما يأتي :-

1- تحضير (اعداد) الحقل Field Preparation :- من الامور المهمة في هذا المجال هو ان تكون قنوات الري نظيفة دائما لكي لا تكون مصدرا لانتشار بذور الادغال سواء بماء الري نفسه او بالطرائق الاخرى المعروفة . ان الحراثة العميقة خلال الصيف يعرض الجزء الاسفل من الارض وما يحتويه

من رايزومات و درنات للأدغال المعمرة الى حرارة الصيف ومما يساعد على قتلها . وان الحراثة التقليدية التي تتضمن 2 – 3 من انواع المحاريث ويتبعها التنعيم يقلل من مشكلة الادغال . استخدام المحاريث ذات السكاكين تؤدي الى تقطيع الادغال وقتلها كما ان العمليات بعد الزراعة مثل عزق التربة واثناء اضافة الاسمدة كذلك تقلل مجتمع الادغال كونها تؤدي الى دفن الادغال تحت التربة .

2- طريقة الزراعة Planting Method :- ان زراعة بذور المحاصيل الخالية من بذور الادغال تعد احدى طرق العلاج الوقائي ضد انتشار الادغال . عملية الزراعة عادة تستغرق 1 – 3 يوم بعد سقوط المطر او الري اعتمادا على نوع التربة . في هذه الحالة ، الادغال تكون موجودة وجاهزة في التربة وتبدأ بالإنبات خلال 2 – 3 يوم .

ان عملية الزراعة بوضع البذور في حفر تؤدي الى ازالة اعداد كبيرة من الادغال النامية . في بعض الحالات الزراعية للأراضي غير المحروثة تترك ما بين خطوط الزراعة بدون حراثة مما يشجع نمو الادغال فيها ولكن استخدام الآلات الزراعية في تغطية البذور المزروعة باستخدام السكاكين تؤدي الى قشط سطح التربة لغرض التغطية مما يؤثر سلبيا على تواجد الادغال ايضا. الزراعة باستعمال الشتلات عملية اخرى تؤدي الى تقليل مجتمع الادغال . لكون المحصول يملك فائدة اخرى بفضل عمر الشتلات مع تنظيف الحقل قبل نقل الشتلات يساعد ايضا في تقليل انبات الادغال حيث تبين ان مجتمع الادغال يكون اكثر كثافة عند زراعة الرز بطريقة نثر البذور مباشرة في الارض الغدقة مقارنة مع طريقة زراعة الرز بالشتلات .

3- الاصناف Varieties :- الاصناف القصيرة والاوراق القائمة تسمح بمرور ضوء اكثر مقارنة بالأصناف الطويلة والاوراق الافقية التقليدية . الادغال

تستمر بالإنبات لمدة اطول في حالة الاصناف القصيرة مما ينتج عنه كثافة اعلى للدغل جدول (11 . 9)

جدول 11 . 9 : تأثير ثلاث اصناف من الحنطة على نمو الدغل وحاصل الحبوب

ت	الصنف	المادة الجافة للشوفان البري (كغم / هـ)	حاصل حبوب الحنطة (كغم / هـ)	
			عدم ازالة الدغل	ازالة الدغل
1	C306 (صنف طويل)	2830	2760	3680
2	WL – 711 (2 جين للقصر)	4010	2260	4660
3	WI – 903 (3 جينات للقصر)	5470	1970	4360

4- كثافة الزراعة Planting Density :- نباتات النوع الواحد عموما لا تسمح للنباتات الاخرى بالإنبات والنمو بالقرب منها . ربما تكون بسبب المركبات الكيميائية (مثبطات النمو) التي تفرزها اضافة الى عامل المنافسة كما ان الزراعة بمسافات ضيقة للمحاصيل لا تسمح بإنبات ونمو الادغال . فقد تبين ان زراعة الدخن بمسافة (10 × 10 سم) تقلل الادغال بمقدار الضعف بالمقارنة مع المسافة (15 × 10 سم) وان زيادة مستوى البذار من 40 الى 100 كغم / هـ في حالة زراعة بذور الرز مباشرة قللت وزن الادغال المتواجدة من 52 الى 18 غم / م^2 وادت الى زيادة حاصل الرز من 2.17 الى 3.45 طن / هـ . على اية حال زيادة كلف الزراعة بالمسافات الضيقة تكون اكثر اقتصادية عند حساب كلفة مكافحة الدغل.

5- اضافة الاسمدة Fertilizer Application :- تختلف نباتات المحاصيل في استجابتها لإضافة الاسمدة ، فالمحاصيل مثل الذرة الصفراء والبيضاء والدخن والرز تنمو بمستوى اسرع عند اضافة السماد النيتروجيني وتغطي التربة بسرعة . الادغال مثل الثيل *Cynodon dactylon* والسعد

Cyperus rotundus لا تستجيب لإضافة السماد النيتروجيني ، وبذلك تتم السيطرة عليها بوساطة النمو السريع للمحصول اما اذا كان الدغل يستجيب للسماد النيتروجيني فان هذه الطريقة تكون غير ملائمة .

6- الري والبزل Irrigation Drainge :- اعتمادا على طريقة الري فان انتشار الدغل ربما يزيد او ينقص ، الري المتكرر خلال تأسيس مراحل نمو المحصول قد يؤدي الى نمو غزير للأدغال . في حقول الرز للأراضي المنخفضة ، فان الماء يكون موجود باستمرار في اغلب الوقت مما يؤدي الى تقليل انبات الادغال وان مجتمع الادغال ونوعها يتبدل مع اختلاف عمق الماء في حقول الرز .

7- الانظمة المحصولية Cropping Systems :- من المناسب ذكره ان انواع الادغال او مجاميع الانواع تكون متواجدة بشكل كبير عند زراعة نفس المحصول نفسه سنة بعد اخرى . في نماذج عدة من الدورات الزراعية للمحاصيل يمكن ان تستبعد مشاكل الادغال الصعبة .

الطرائق الفيزيائية لمكافحة الادغال

Physical Methods of Weed Control

القوة الفيزيائية اما يدويا او حيوانيا او قوة ميكانيكية تستخدم لإزالة او قتل الادغال اعتمادا على نوع الدغل وحالة المحصول وتستعمل اما طريقة واحدة او توليفة من هذه الطرائق قد تستعمل .

1- ازالة الدغل يدويا (التعشيب اليدوي) Hand – Weeding :- قلع الادغال بوساطة اليد او ازالتها يدعى التعشيب اليدوي . يستعمل هذا التطبيق لإزالة الادغال في حقل المحاصيل وهي احدى الطرائق المؤثرة في مكافحة اغلب الادغال . كفاءة الطرائق الاخرى تقارن مع التعشيب اليدوي عند تطبيق الدراسات اللازمة لذلك . عموما عدد مرات التعشيب اليدوي تتراوح ما بين 2

– 4 مرات في حقل المحاصيل . الفاصلة بين تعشيبة والتي تليها تعتمد على سرعة نمو الدغل التي تتعارض مع نمو المحصول . عموما تكون هذه المدة من 15 – 20 يوم . التعشيب اليدوي لمرتين تكون كافية لأغلب المحاصيل التي تكون دورة حياتها بحدود 100 يوم . اصناف الرز التي تتراوح دورة حياتها 120 يوم تعطي الحاصل نفسه عند اجراء التعشيب اليدوي لمرتين في 20 و 35 او 20 و 40 يوم بعد نقل الشتلات . في حالة المحاصيل طويلة الموسم مثل القطن وقصب السكر و رز الاراضي المرتفعة فان 3 – 4 مرات من التعشيب اليدوي تكون ضرورية ، التعشيب اليدوي قد لا يكون اقتصاديا عندما تكون اجور العمال مرتفعة ومساحة الحقل واسعة وفي حالة الادغال المعمرة فان التعشيب اليدوي عادة يترك بقايا الجذور او الاجزاء الاخرى في الارض التي يمكن ان تستعيد النمو في مثل هذه الحالة فان العملية لا بد من اعادتها بشكل دوري وبفترات قصيرة .

2- **العازقة اليدوية Hand Hoeing :-** تتم هذه الطريقة بعزق سطح التربة بعمق قليل بمساعدة عازقة يدوية ، يتم فيها قلع جذور الادغال وازالتها . بعد العزق لابد من تعريض الحقل الى الجفاف لتجنب اعادة نمو الادغال التي قلعت جذورها . عموما هذه الطريقة تلائم محاصيل الاراضي المرتفعة المروية مثل الدخن والبصل .... الخ .

التطبيق الحقلي الصحيح لهذه الطريقة هو عزق الحقل بالعازقة اليدوية والسماح له بالجفاف لمدة 7 – 10 ايام يتبعها رية غزيرة لذلك فهي عملية مكلفة لأنها تحتاج الى ايدي عاملة كثيرة ولكنها طريقة مناسبة وفعالة بسبب لأنها تؤدي الى تحسين ظروف التربة الفيزيائية بالإضافة الى انها تزيل الادغال بشكل جيد .

3- **الحفر Digging :-** تزال الادغال بوساطة الحفر الى الطبقات العميقة فهي ملائمة جدا في حالة الادغال المعمرة وهي تجري بمساعدة معاول او فؤوس او عتلات .

4- **الحش Mowing :-** هو قطع الادغال عند سطح الارض وتستعمل هذه الطريقة عادة في الاراضي غير المزروعة بالمحاصيل وتستخدم كطريقة لمكافحة الادغال بصورة رئيسية ولتحسين مظهر الارض . اعادة الحش يمكن ان يؤدي الى اضعاف الاجزاء تحت الارض للأدغال المعمرة .

5- **القطع Cutting :-** في عمليات الحش المختلفة فان الادغال تقطع من فوق سطح التربة وتترك بقايا الحصاد اما في حالة القطع فأنها عمليات شائعة ضد الاغصان والاشجار وتعمل بمساعدة ادوات القطع مثل المناشير والفؤوس ويكون التأثر لفترة قصيرة حتى تنبت البراعم مرة اخرى وتتبعها العملية من جديد .

6- **الجرف والرزم Dredging and Chaining :-** هذه الطريقة تستعمل لمكافحة الادغال المائية حيث تزال الادغال مع جذورها و رايزوماتها بمرة واحدة بمساعدة قوة ميكانيكية تدعى (الجرافة او الحفارة) . بعدها يتم تعويم (تطويف) الادغال المائية وازالتها بواسطة الربط (بحزم) تحمل فوق الماء الى اماكن ازالتها واتلافها .

7- **الحرق واللهب Burning and Flaming :-** الحرق اسهل طريقة لإزالة النبات غير المرغوب بها وينصح بها في الحقول غير المزروعة بالمحاصيل مثل الاراضي الجبلية المتسلسلة وجوانب الطرق والخنادق ومناطق الركام ..... الخ.

اللهب هو الحرق الخاطف (السريع) للأدغال الخضراء بدرجات حرارة عالية (1000 م^0) بوساطة ادوات اللهب التي تحرق غاز البترول السائل . يوجه اللهب مباشرة نحو الادغال بين الخطوط مع وضع حاجز عازل على نباتات

المحاصيل . تستعمل هذه الطريقة في حقول البصل و فول الصويا والذرة البيضاء .... الخ .

8- المغطيات (النشارات) Mulches :- عند اضافة المغطيات لتغطية سطح التربة باستثناء ترك فتحات لنمو نباتات المحاصيل فهي بذلك لا تسمح للأدغال بالإنبات او النمو لعدم وصول الضوء الى سطح التربة .

9- الزراعة المتداخلة Intercultivation :- طريقة الزراعة المتداخلة مؤثرة جدا ورخيصة لمكافحة الادغال في الخطوط المزروعة بالمحاصيل ، يجب استخدام اصناف تلائم الزراعة المتداخلة للمحاصيل المختلفة . بعض ادوات الزراعة المتداخلة لها شفرات تعمل على فتح التربة مما يؤدي الى قلع جذور الادغال كما انها لا تترك سطح الارض فارغا بين خطوط احد المحاصيل مما لا يسمح بنمو الادغال فيها حيث يتم استغلال هذا الجزء من الارض في زراعة محصول اخر ملائم من حيث توقيت الزراعة وطبيعة النمو فمثلا يزرع الماش مع الذرة البيضاء او الصفراء كذلك اللوبيا او فول الصويا مع الذرة الصفراء او البيضاء او الدخن اذ تنمو نباتات الذرة الصفراء او البيضاء او الدخن عموديا بينما تنمو نباتات البقول افقيا لتعطي المساحة بين خطوط المحصول النجيلي فتمنع نمو الادغال .

مكافحة الادغال احيائيا Biological Weed Control

على مستوى العالم كله هناك اهتمام متزايد في مكافحة الادغال احيائيا خصوصا الادغال المائية وهذه الطرائق تساهم كثيرا في تقليل الجهد والكلفة . هذه الطرائق لا بد من اعادتها لكل الادغال او على الاقل لتلك التي تعيد نموها خضريا او لها مدة طويلة لحيوية بذورها .

المكافحة الاحيائية (البيولوجية) مثل استخدام الحشرات والمسببات المرضية وحيوانات اخرى لمكافحة الادغال . الحشرات والمسببات المرضية تغزو نباتات الادغال فهي اما تقلل النمو او تقتل الادغال .

طرائق المكافحة الاحيائية تكون غير ملائمة لاستئصال الادغال ، ولكنها يمكن ان تخفض كثافة مجتمع الادغال . هذه الطريقة غير ملائمة لمكافحة كل انواع الادغال

انواع العوامل الاحيائية Qualities of Bioagent

العوامل الاحيائية تتغذى او تؤثر على عائل (مضيف) واحد فقط حيث انها لا يمكن ان تتغذى على نباتات اخرى وهي تعمل على الافتراس او التطفل وهي متكيفة للظروف البيئية السائدة كما ان لها القدرة على البحث عن المضيف وهي تقوم بقتل الدغل او على الاقل تكبح تكاثره بطرائق مباشرة او غير مباشرة وهي يجب ان تكون لها قابلية التكاثر الكافي والسريع للسيطرة على الزيادة في انواع مضيفاتها (عوائلها) وبدون تأخير.

الامثلة المتميزة و المعقولة لمكافحة الادغال احيائيا

1- الحشرات Insects :- في استراليا الدغل (المينا الشجيرية) *Lantana camara* يكافح باثنين من الخنافس *Uroplata giraldi* , *Octotoma scabripennis* ودغل الصبير Prickly – Pear يكافح في الهند بوساطة حشرة *Dactylopius tomentosus* وهي حشرة حرشفية .

2- السمك Fish :- الكارب الشائع والكارب الصيني يكافح الادغال المائية .

3- الثدييات Mammals :- ابقار البحر والجاموس مؤثرة جدا في الادغال المائية .

4- الحلزونيات Smails (*Marisa sp.*) وحلزونيات مائية اخرى تتغذى على الادغال المغمورة بالماء مثل ذنب الراكون Coontail والطحالب والاشنات .

5- الفطريات Fungi :- بعض الادغال المائية يمكن مكافحتها بوساطة الفطر *Rhizoctinia blight* .

6- الحلم Mites :- الحلم *Tetranychus sp.* وجد بانه يكافح الكمثرى الشوكية (الصبير) .

7- النباتات Plants :- زراعة اللوبيا بين خطوط الذرة الصفراء تعمل على تقليل نمو الادغال بين الخطوط وبتأثير واضح .

مكافحة الادغال كيميائيا Chemical Weed Control

الكيميائيات التي تستعمل لقتل نباتات الادغال تدعى مبيدات الادغال التي استخدمت بتزايد سريع منذ عام 1944 عند استخدام مبيد 2 , 4 – D لأول مرة كمبيد للأدغال ثم بدأ استعمال العديد من الكيميائيات الجديدة لمكافحة الادغال (جدول 11 . 12) . حاليا اية مشكلة من مشاكل الادغال يمكن ان تحل باستعمال مبيدات الادغال . تتقدم هذه الطريقة كتطبيقات مؤثرة واقتصادية وان المعالجة قبل الانبات يعطينا موسم مبكر في الزراعة خالي من الادغال بالإضافة الى تقليل الاعتماد على ازالة الادغال يدويا .

جدول 11 . 10 . مبيدات الادغال الجديدة

الاستعمالات	الاسم الشائع	المجموعة الكيميائية	ت
الحشائش الحولية والدائمية ، بعد البزوغ في المحاصيل ذات الاواق العريضة	Fluazitop	Phenoxy acids Aromatic acid	1
الشيء نفسه اعلاه	Fluazitop butyl	Amuids	2
الحشائش الحولية والدائمية قبل وبعد البزوغ	Flufenprop	Anitides	3
الحشائش الحولية والدائمية في المحاصيل العريضة الاواق	Trifopsinu		
للأدغال عريضة الاوراق في الحبوبيات	Cambendichlor	Aromatic acids	4
حشائش الادغال – قبل البزوغ - المحاصيل العريضة الاوراق	Butan	Anuids	5
حولية عريضة الاوراق في قصب السكر والحنطة وفول الصويا	Biethatyl	Anitides	6
حولية ذوات الفلقتين والحشائش قبل وبعد البزوغ في اللفت	Metazolachlor		
قبل البزوغ في الرز	Pretilachlor		
قبل الزراعة	Xylachlor		
بعد البزوغ	Isomexazole	Carbamates	7
ادغال عريضة الاوراق ، بعد البزوغ ، للقطن	Phenisopham		
قبل البزوغ في اللفت	Dimefuron	Ureas	8
البردي والادغال الحولية في الرز	Dymron		
الادغال عريضة الاوراق والحشائش	Fluothiuron		
الحشائش في البنجر السكري والمحاصيل الاخرى	Isouron		
الادغال عريضة الاوراق في الحبوبيات	Chlorsulfuron		
الادغال عريضة الاوراق في فول الصويا ، الملامسة	Acifluorfen	Netrophgnyl ethers	9
الادغال عريضة الاوراق في الحشائش ، قبل وبعد البزوغ	Chlomethoxynil		
قبل وبعد البزوغ في الطماطة واللهانة	Nitrofluorfen		
الادغال الحولية والدائمية ، قبل الزارعة في القطن	Methal propalin	Nitroanilines	10
الادغال الحولية	Fluridone	Pyridines	11
الشوفان البري في الحبوبيات	Anethydion	Triazines	12
مكافحة الادغال المائية (التي تنمو في الماء)	Cyanatryn		
قبل البزوغ في الحبوبيات	Eglinezine		
قبل البزوغ وملامسة الحشائش والادغال عريضة الاوراق في الخضر	Aniprofos methyl	Phosphorus	13
الحشائش الحولية والدائمية	Sethoxydim	Miscellaneous	14
الحشائش والبردي في الرز	Sulgycapin		

تصنيف مبيدات الادغال Classification of Herbicides

تصنف مبيدات الادغال عادة حسب طبيعتها الانتخابية (selectivity) او طبيعة التأثير (mode of action) او الوقت او الاضافة او كيميائيا. المبيدات الانتخابية تقتل فقط نوع نباتي محدد وهناك مبيدات للأدغال العريضة وللرفيعة الاوراق . المبيدات غير انتخابية (non – selective) لها فعل واسع وتقتل دون تمييز (تقتل كلا الحشائش والنباتات عريضة الاوراق مثل مبيد(round up) Glyphosate وهذه يفضل اضافتها عندما تكون كافة النباتات الموجودة في الحقل غير مرغوبة كما في حالة الطرق وخطوط سكك الحديد للقطارات والمطارات .

المبيدات ربما تقتل اما بالملامسة او بانتقالها خلال اجهزة النباتات (جهازية) . بعض المبيدات تصمم ليمكن اضافتها قبل زراعة بذور المحصول (تدعى مبيدات قبل الزراعة Preplanting) او قبل بزوغ بادرات المحصول والادغال (تدعى مبيدات قبل البزوغ Preemergence) . او بعد بزوغ وتأسيس المحصول (تدعى مبيدات ما بعد البزوغ Post emergence) .

تصنيف مبيدات الادغال

1- بناءا على قاعدة الانتخابية :-

أ- مبيدات انتخابية Selective .

ب-مبيدات غير انتخابية Non – Selective

2- بناء على موقع الفعل (العمل)

أ- مبيدات ملامسة Contact

ب- مبيدات منقولة (جهازية) Translocated

3- بناءا على وقت الاضافة

أ- قبل الزراعة Preplanting

ب- قبل البزوغ Preemergence

ت-بعد البزوغ Post emergence

4- بناءا على كيميائية العنصر الفعال

أ- مبيدات لا عضوية Inorganic

ب-مبيدات عضوية Organic

ويمكن توضيح تصنيف مبيدات الادغال المذكورة اعلاه بما يلي :-

1- التصنيف اعتمادا على الانتخابية (الاختيارية) Classification Based on Selectivity :- تقسم الادغال الى مجموعات انتخابية و لا انتخابية اعتمادا على طبيعة تأثيرها اذ ان المبيدات الانتخابية تقتل فقط نباتات ادغال محددة في حين ان المحاصيل لا تتأثر بها مثل (مبيدات Atrazine – Simazine – 2,4 – D – (Pendimethalin – Fluchlorain – Alachlor – Butachlor – MCPA

اما المبيدات غير الانتخابية فأنها تقتل كل النموات الخضرية ولأي نبات وهي تبدأ بالتأثير عند الملامسة سواء كان محصول او دغل مثل (Diquat , Paraquat) . المبيدات الانتخابية تعتمد على جرعة المبيد ، فمثلا مبيد الـ Atrazine عندما يستعمل بكمية 0.5 – 1.0 كغم مادة فعالة / هـ فأنها تقتل الادغال بدون التأثير على نباتات الذرة البيضاء ، بينما نفس المبيد عند استعماله بكمية 10 كغم مادة فعالة / هـ فانه يكون مبيد غير انتخابي .

2- التصنيف اعتمادا على طبيعة الانتقال Classification Based on Translocation :- تصنف مبيدات الادغال الى جهازية ومبيدات تقتل بالملامسة . الجهازية تتحرك خلال النبات اما خلال اللحاء والخشب . واغلب المبيدات الجهازية تكون انتخابية مثل (مبيدات Atrazine – Simazine – 2,3,6 – TBA – MCPA – 2,4 – D - Propanil) ومبيدات الملامسة تقتل

النباتات عند ملامستها للنباتات وهي تقتل جزء النبات الذي تلامسه مثل (Diquat – Paraquat ، Gramaxone .

3- التصنيف اعتمادا على التركيب الكيميائي Classification Based on Chemical Structure :-

أ- المبيدات غير العضوية Inorganic Herbicides :- مبيدات الادغال غير العضوية لا تحتوي على ذرة الكاربون في جزيئاتها فهي اول الكيميائيات التي استعملت لمكافحة الادغال مثل (Sulphuric acid – Arsenic trioxide – Arsenous acid – Arsenic acid) وهي انواع حامضية لمبيدات الادغال غير العضوية اما الاملاح غير العضوية مثل (Borax , NaCl , Sodium arsenate و سلفات النحاس وسلفات الامونيوم ونترات النحاس فقد استعملت هي الاخرى كمبيدات ادغال) .

ب- مبيدات الادغال العضوية Organic Herbicides :- مبيدات الادغال العضوية تحتوي على ذرات الكاربون في جزيئاتها وهي اما تكون زيتية او غير زيتية .

مبيدات الادغال المستعملة في الوقت الحاضر بصورة رئيسية هي مركبات عضوية وهي غير زيتية ويمكن تقسيمها الى 16 مجموعة (جدول 11.11) . وتختلف المبيدات في استعمالها من ناحية كمية الجرعة للمادة الفعالة حسب الادغال المرافقة باختلاف المحصول اضافة الى اختلافها في وقت الاضافة (جدول 11 . 12)

جدول 11.11 : مجاميع مبيدات الادغال

ت	المجموعة	المبيدات
1	Aliphatics	Methyle Bromide , Glyphosate , TCA , Dalapon
2	Amides	Metalachlor , Propachlor , Butachlor , Alachlor , Propanil , Dipheramid
3	Berjoics	Chloramben , Tricamba , Dicamba , 2,3,6 – TAB
4	Bipyridiliums	Diquat , Paraquat
5	Carbamates	Dichlormatec , Barban , Chlorpropham , Propham , Asulam
6	Thiocarbamates	Molinate , EPTC , Diallate , Cycloate , Butylate , Benthiocarb , Thioencarb , Vemolate , Triallate , Pebulate
7	Dithiocarbamates	Methan , CDEC
8	Nitriles	Dichlobenil , Ioxynil , Bromoxynil
9	Dinitroanilines	Oryzalin , Nitralin , Pendim ethalin , Fluchloralin , Trifluralin
10	Phenols	PCP , DNOC , Dinoseb
11	Phenols	MCPB , MCPA , 4,5-t , 2,4-D , 2,4-DEP , Mecoprope , diclofop , Dichlorprop , 2,4- DB
12	Triazines	Propazine , Cyanazine , Cyprazine , Atrazine , Terbutryn , Ametryn , Metribuzin , Simazine
13	Ureas	Siduron , Linuron , Diuwn , Monuron , Methahenzthizuron , Isoproturon , Metoxuron
14	Uracils	Terhacil , Isocil , Lenacil , Bromacil
15	Diphenyl ethers	Oxyfluorfen , Nitrofen
16	Others	Bentozon , Endothall , Pyrazon , Dicloram , Oxadiazon

جدول 11 . 12 . مكافحة الادغال في المحاصيل المهمة (المبيدات ، الجرعة ، وقت الاضافة)

ت	المحصول	المبيد	الجرعة (كغم مادة فعالة / هـ)	وقت الاضافة
1	الرز	2,4-D Na Salt	0.8	21 – 28 يوم بعد نقل الشتلات
		2,4-D eater	0.9	5 – 7 يوم بعد نقل الشتلات
		Benthiocarb	2.0	2 – 3 يوم بعد نقل الشتلات
		Butachlor	2.0 – 1.25	2 – 4 يوم بعد نقل الشتلات
		Pendimethalin	2.0 – 0.75	3 – 5 يوم بعد نقل الشتلات
2	الحنطة	2,4-D amine	1.0 – 0.8	21 يوم بعد الزراعة
		2,4-D Na Salt	1.0 – 0.4	28 – 35 يوم بعد الزراعة
		2,4-D ester	0.45	30 – 45 يوم بعد الزراعة
		Isoproturon	1.0	30 – 35 يوم بعد الزراعة
		Methabenzthiozuron	3.5 – 2.0	قبل او بعد البزوغ
		Oxyfluorfen	0.125 – 0.1	قبل بزوغ المحصول والدغل
		Terbutryn	3.0 – 1.5	2 – 3 اوراق للحنطة
3	البنجر السكري	Atrazine	2.5 – 0.5	قبل بزوغ المحصول والدغل
		Nitrofen	5 – 2.5	قبل بزوغ المحصول والدغل
		Simazine	2.0 – 1.0	قبل بزوغ المحصول والدغل
4	الذرة الصفراء	Atrazine	2.0 – 1.0	قبل بزوغ المحصول والدغل
		Simazine	1.0 – 0.5	قبل بزوغ المحصول والدغل
		2,4-D ester	0.9	2 – 3 يوم بعد الزراعة
5	الذرة البيضاء	Atrazine	1.5 – 0.25	قبل بزوغ المحصول والدغل
		Simazine	1.0 – 0.5	قبل بزوغ المحصول والدغل
		2,4-D eater	0.9	2 – 3 يوم بعد الزراعة
6	فستق الحقل	Alchlor	1.5 – 2.5	قبل بزوغ المحصول والدغل
		Fluchloralin	1.75 – 1.25	قبل تأسيس النباتات
		Nitrofen	4.00 – 3.00	قبل بزوغ المحصول والدغل
		Pendimethalin	1.5 – 0.75	- do -
7	القطن	Diuron	2.0	قبل بزوغ المحصول والدغل
		Oxadiazon	1.5	- do -

تحضير المبيدات Herbicide Formulation

مبيدات الادغال في حالتها الطبيعية اما ان تكون صلبة او سائلة متطايرة او غير متطايرة ، ذائبة او غير ذائبة . اغلب جزيئات مبيدات الادغال بطبيعتها هناك صعوبة في اضافتها فعلى سبيل المثال مبيدات الادغال التي تحضر كمسحوق صلب او مساحيق رطبة او مستحلبة لكي تكون ذات تأثير احيائي يجب ان يضاف اليها مواد لزيادة قابلية انتشارها على السطح وفي هذه الحالة فعالية المبيد تزداد الا ان كلفته سترتفع لذا فان مبيدات الادغال يجب ان تكون ذات خصائص فيزيائية مناسبة للإضافة الميسرة ويمكن خزنها لمدة طويلة وذات تأثير احيائي شديد وتكون اسعارها مناسبة للمزارع .

1- المساحيق الذائبة Soluble Powders :- تحضير هذه المبيدات يكون على شكل مسحوق صلب ذائب بالماء وهي تكون محلول متجانس عند ذوبانها بالماء ويمكن اضافتها بطريقة الرش ، الاملاح من اغلب مبيدات الادغال التي تذوب بالماء مثل (املاح الصوديوم و 2,4-D و TCA و Endothal و dalapon) وهذه تعد من المساحيق الذائبة .

2- مركزات سائلة Soluble Concentrates :- مستحضرات مبيدات الادغال التي تتكون من سوائل ذائبة تدعى مركزات ذائبة بالماء مثل (Paraquat , Diquat , Dicamba , 2,4-D amine)

3- المساحيق المبتلة Wettable Powders :- عندما تكون مواد مبيدات الادغال ذات ذوبان منخفض بالماء فيمكن ان تحول الى مسحوق (باودر) ناعم معلق في الماء . هذا النوع من المستحضرات تدعى المساحيق المبتلة (WP) مثل (Atrazine 80% و Simazine 50% WP و Diuron 80% WP و Isoproturon 80% WP)

4- العالق السائل Liquid Suspension :- اذا كانت المادة الفعالة غير ذائبة في الماء فيجرى تذويبها في مذيب عضوي وعند الاستعمال يضاف اليه الماء ويستعمل رشا مثل (Nitratin , cyprazine , atrazine) .

5- مركز مستحلب Emulsifiable Concentation :- المادة الفعالة تكون غير ذائبة في المذيبات ويضاف اليه اي مستحلب وان المستحلب يساعد المستحضر الكيميائي على التوزيع في الماء مثل(Diallate , Nitrofen , Alachlor , 2,4-D Ester) .

6- الحبيبات Granules :- يصنع المبيد على شكل حبيبات او قطع صغيرة تذوب الكمية المطلوبة بالماء وترش على النبات مثل (2,4-DEE , Granules of Butachlor) .

اضرار مبيدات الاعشاب Herbicide Injury

تنتج اضرار مبيدات الاعشاب من الاستعمال غير المناسب (اختيار المبيد غير المناسب ، المستوى غير المناسب و وقت الاضافة غير المناسب) اذ ان عدم الدقة في ذلك ربما يؤدي الى قتل نباتات المحاصيل بالصدفة (عن غير قصد) او تتأثر بوساطة الاضافة غير المقصودة لمبيدات الادغال .

كيفية فعل مبيدات الاعشاب Mode of Action of Herbicides

تعد عملية التركيب الضوئي اكثر فعاليات النباتات الفسيولوجية اهمية على الاطلاق فضلا عن عملية التنفس . وهناك فعاليات ايضا مهمة مثل التخليق الحيوي للبروتينات والدهون والفيتامينات وكذلك انقسام الخلية والانبات وتطور الانسجة . لذلك فان مبيدات الاعشاب ربما تؤثر على واحد او اكثر من تلك الفعاليات مما يقود الى تغيرات في الوظائف الطبيعية للنبات من الوضع الطبيعي الى اوضاع اخرى ربما ينتج

عنها موت النباتات . ومن المعروف ان مبيدات الاعشاب تعمل على قتل الادغال وعلى اية حال فان الالية الدقيقة او الفعل التأثيري لتلك المبيدات غير واضح لحد الان الا ان الفعل التأثيري المتوقع يمكن ان يكون كما يأتي :-

تثبيط عملية التركيب الضوئي Inhibition of Photosynthesis

مبيدات الاعشاب تسبب ضررا لوحدات التركيب الضوئي او لعملية التركيب الضوئي نفسها مما ينتج عنه موت النباتات نتيجة لعملية التجويع (starvation) . ان التفاعلات المهمة التي يمكن ان تثبط باستعمال المبيدات هو تفاعل الضوء او ما يسمى (hill reaction) او عملية نقل الالكترون وتثبت ثاني اوكسيد الكاربون .

تفاعل الضوء Hill reaction :- ان تكسر جزيئة الماء بوجود الكلوروفيل وبوساطة ضوء الشمس وبمساعدة الانزيمات تسمى التحلل الضوئي (Photolysis) او تفاعل الضوء (hill reaction) فالمبيدات التي تنتمي الى مجموعة Carbomate ureas , triazines .... الخ تعمل على تثبيط عملية التحلل الضوئي من خلال تعطيل فعاليات الانزيمات التي تعمل على شق جزيئة الماء وهذه المبيدات كذلك يمكن ان تتعارض مع فعاليات اخرى غير فعاليات التركيب الضوئي .

تثبيط نقل الالكترون Inhibition of Electron Transfer

في النظام الضوئي الثاني (photosystem II) تتحرر الالكترونات نتيجة لتكسر جزيئات الماء خلال عملية التحلل الضوئي او تفاعل الضوء وهذه الالكترونات تحمل سلسلة من المركبات الوسطية ليتم استقبالها اخيرا من قبل الفيرودوكسين و ATP , NADP . المبيدات التي تنتمي الى مجموعة Anilides , Uracils , Urease , Carbamates , Trazines تتداخل مع حوامل نقل الالكترون لسلسلة نقل

الالكترون وهذه المبيدات اما تثبط نشاط الحوامل او تعمل على ازالتها وهكذا يتم تثبيط عملية نقل الالكترون .

المبيدات التي تنتمي الى مجموعة Bipyridilium كذلك هي الاخرى تعمل على تثبيط نقل الالكترون عندما يتواجدان في المحلول اذ تتفكك الى Pyridilium موجب و Halogen سالب ، ومما يذكر ان الـ pyridilium الموجب يعد ساما للنبات فهو يقوم باستقبال الالكترون المتحرر من الماء عن عملية التحلل الضوئي وهكذا تتم عملية تثبيط السياق الطبيعي لعملية التركيب الضوئي وحالما يستقبل الـ pyridilium الالكترونات فأنها تصبح جذور حرة مستقرة وبوجود الاوكسجين المتحرر عن عملية التحلل الضوئي فان الجذور الحرة تأكسد الى صيغ ايونية اصلية وبهذه العملية فان بيروكسيد الهيدروجين يتشكل من الهيدروجين (H_2) والاوكسجين (O_2) والبيروكسيد يعد ساما لأنسجة النبات ويعمل على تدمير نظام التركيب الضوئي فضلا عن تدميره لأنسجة اخرى غير انسجة التركيب الضوئي .

تثبيط تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون

Inhibition of Carbon Dioxide Fixation

الاكسدة تعمل على تثبيط تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون وتعمل على انتقال نواتج التركيب الضوئي .

تثبيط التنفس Inhibition of Respiration :-

في الوضع الطبيعي فان المواد الغذائية تأكسد خلال عملية التنفس ليتحرر عنها طاقة وهذه الطاقة يتم خزنها بجزيئات الـ ATP . ان عملية جمع فعل الاكسدة وتحول الـ ADP الى ATP تسمى الفسفرة الضوئية التأكسدية . وجزيئات الـ ATP هذه تعمل على تجهيز الطاقة اللازمة لعمل تفاعلات ايضية عدة . مجموعة المبيدات مثل Dinitrophenols , Anilides , Dinitroanilines .... الخ .تعمل على عدم

ازدواج عملية الفسفرة الضوئية التأكسدية . الطاقة المتحررة خلال عملية الاكسدة لا تستعمل في تحويل ADP الى ATP .

تثبيط التخليق الحيوي Inhibition of Biosynthesis

بمساعدة الطاقة المتحررة عن عملية التنفس والتي تستعمل نواتج التركيب الضوئي ، فان مواد عدة مثل البروتينات والدهون والاشماع والفيتامينات .... الخ يتم تخليقها في النبات . مبيدات الادغال تعمل على تثبيط بعضا من تلك النشاطات الكيموحيوية وتتعارض مع الوظائف الطبيعية للنباتات .

تثبيط تخليق البروتين Inhibition of Protein Synthesis

مبيدات الاعشاب مثل Alachlor , Butachlor تنتمي الى مجموعة الامايد تعمل على تثبيط تخليق البروتين مما ينتج عنها تطور غير سليم للجذو والجزء الخضري . Trifluralin يعمل على تثبيط تخليق RNA في بعض النباتات عن طريق ربطه الى الكروماتين وفي مثل هذه الحالة فان طبقة الـ RNA سوف تتقيد ، ولقد وجد ان Paraquate يعمل على تقييد اندماج Thymidine في الباقلاء *Vicia faba* مما يشير الى تثبيط تخليق الـ DNA .

تثبيط تخليق اللبيدات Inhibition of Lipid Synthesis

بعض من مبيدات الاعشاب تعود الى مجموعة Thiocarbamate مثل Triallate , Diallate والمعروف عنها تعمل على تثبيط انتاج الشمع في النباتات ولكن ليس معروفا على وجه الدقة فيما اذا كانت تلك العملية هي المسؤولة عن الية فعل المبيد .

تثبيط تخليق الصبغات Inhibition of Pigment Synthesis

تعد الكاروتينويدات ضرورية لحماية المعقدات البروتينية للصبغة وبوجود شدة ضوء عالية تقوم جزيئات الكلوروفيل باستقبالها فان مزيدا من الطاقة سيتم استلامها وبما ان زيادة الطاقة ينتج عنها جذور حرة تعمل على تدمير الانسجة . الكاروتينويدات تعمل على حماية الصبغات عن طريق كبح زيادة الطاقة والجذور الحرة . ان تدمير الكاروتينويدات او منع تخليقها يؤدي الى فقدان الحماية تلك . بعض مبيدات الادغال تعمل على تثبيط التخليق الحيوي للصبغات ومن تلك المبيدات , Norflurazor . Amitrole

تثبيط التخليق الحيوي للفيتامينات

Inhibition of Vitamin Synthesis

Dalapon :- معروف عنه يعمل على تثبيط تخليق حامض البانتوثينيك . (Pantothenic acid)

تثبيط انقسام الخلية Inhibition of Cell Division

مبيدات الاعشاب تعمل على تثبيط تتعارض مع التخليق الحيوي او النقل الفعال للـ Precursors الى انوية الخلايا التي تتطلبها عملية تخليق الـ DNA خلال الطور البيني (interphase) لعملية الانقسام . كذلك تحوير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للـ DNA ومعقداته كذلك تتعارض المبيدات مع تكوين الخيوط المغزلية وتثبيط تكون الجدار الخلوي . بعض الفعاليات هذه تحتاج الى طاقة .

التعارض الذي يسببه المبيد في عدم جهوزية الطاقة فانه يقلل من نشاط الانقسام الخلوي الخيطي . بعض من مبيدات الاعشاب الكاربامتية (carbamate) مثل Barban , asulam .... الخ يشك في انها تعمل عل تثبيط الانقسام الخلوي الاعتيادي Trifluralin والاخرى التي لها علاقة في Dinitroanilines كذلك هناك شك في انها تثبط عملية الانقسام الخلوي .

تثبيط الانبات Inhibition of Germination

احد الفعاليات الايضية الرئيسية التي تحدث خلال عملية الانبات هي انتاج انزيمات التحلل مثل انزيم الاميليز والبروتيز والليبيز والفوسفوتيز والاستريز (Lipases , Protease , Amylase , Esterases , Phosphatases) .... الخ هذه الانزيمات تعمل على تكسير الجزيئات المعقدة كالكاربوهيدرات والبروتينات واللبيدات الى سكريات بسيطة واحماض امينية وسلسلة طويلة من احماض دهنية على التتابع وهذه الانزيمات يتم تنظيمها بوساطة حامض الجبرلين (GA) . Propachlor , Alachlor تنتمي الى مجموعة الامايد تفعل فعلها على انبات البذور من خلال تثبيط انتاج حامض الجبرلين .

مبيدات الاعشاب الطبيعية مثل مستخلص الايثانول لبذور القهوة العربية *Coffea Arabica* عبارة عن مكون فعال 1 , 3 , 7 trimethyl xanthine (1 , 3 , 7 – T) يعمل على تثبيط انبات بذور دغل عرف الديك الشوكي *Amaranthus spinosus* . لقد لوحظ تثبيط انبات البذور في عدد من انواع الادغال خصوصا من خلال تثبيط فعالية انزيم الاميليز .

تطور غير طبيعي للأنسجة Abnormal Tissue Development

مبيدات الاعشاب التي تنتمي الى مجموعة الفينوكسي (phenoxy) مثل 2,4 – D , 2 , 4 – DB , MCPA , MCPB ومبيدات الاعشاب التي تنتمي لحامض البنجويك (benjoic acid) مثل – Chloramben , Dicamba , 2,3,6 TBA , Picloram هي مبيدات من نوع الاوكسين وهي تستثمر بطريقتين وفقا لكيفية تأثيرها وكما يأتي :-

1- تقوم بعرقلة وتعارض مع الفعاليات الايضية للحامض النووي على مستوى الخلية وهذا ينتج عنه نمو غير مسيطر عليه للخلايا مما يقود الى تدمير النظامين السايتوبلازمي والابوبلازمي في النباتات الحساسة . تثبط كذلك عمليات النقل من خلال الخشب واللحاء نتيجة تكسر السمبلاست (الحية) والايوبلاست (غير الحية) الموصلة بين الخلايا .

2- استثمار اخر هو ان الجذور والسيقان التي تنتشر سريعا تعمل على استهلاك اغلب نواتج التركيب والمغذيات بينما الاوراق الفتية والجذور الثانوية يصيبها التجويع وهذا ما يقود الى نضج سريع للأوراق ومن ثم موتها .

انتخابية مبيدات الاعشاب Selectivity of Herbicides

تسمى الاختلافات في استجابة النباتات لمبيد الاعشاب بانتخابية المبيد وبمعنى اخر اي ان المبيد يؤذي الدغل او يقتله بينما لا يؤثر في نباتات المحصول نتيجة لتلك الانتخابية .

ان المبدأ الاساسي لانتخابية المبيد هو ان مزيدا من السمية تصل الى موقع التأثير بصيغة فعالة الى داخل النبات الذي تستهدفه تلك السمية بدلا من النبات غير المستهدف وهذا ربما يكون ناجم عن الاختلافات في عمليات الامتصاص والنقل

وتعطيل الفاعلية الكيميائية وايض الكاربون ومقاومة البلاستيدات الخضراء . انتخابية المبيد هي نتاج لجمع واحد او اكثر من الفعاليات وان الاختلافات في الفعاليات تلك ربما تكون ناتجة عن الاختلافات المورفولوجية او الفسيولوجية التي تعد خط بين نباتات المحصول ونباتات الدغل فضلا عن ذلك فان الانسان يمكن ان يستحدث الانتخابية بنفسه بوساطة التوقيتات او طريقة الاضافة للمبيد او من خلال الممارسات الحقلية الاخرى .

تفاضلية الامتصاص Differential Absorption

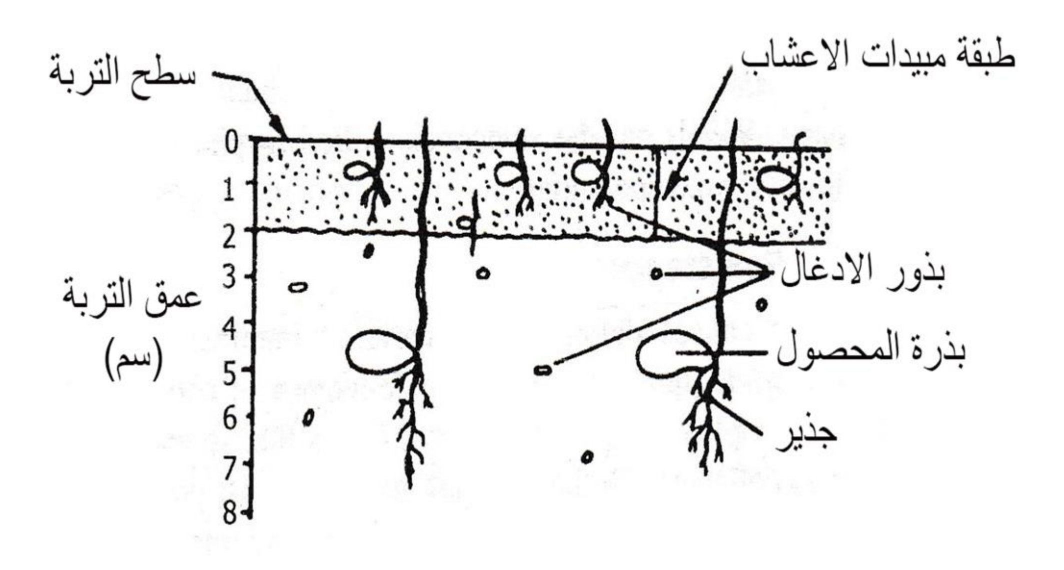
مبيدات فعالة على الجزء الخضري Folige – active Herbicides

ان امتصاص المبيد من قبل الاجزاء الخضرية تعتمد اولا على عملية حجز محلول المبيد في الجزء الخضري والحجز بالمقابل فان الحجز يعتمد على خصائص الورقة مثل موقع الورقة وزاويتها و وجود المادة الشمعية او الزغب والعروق والتجعدات والروابط

لقد وجد ان اصناف الرز والحنطة ذات الحاصل العالي تكون اوراقها منتصبة بينما تكون اوراق الادغال افقية . امتداد الورقة لأدغال ذوات الفلقتين تكون مسطحة او ملساء وعريضة مع انخفاضات قليلة لذلك فان الادغال تقوم بحجز مزيدا من محلول المبيد على اوراقها ليتم امتصاص المزيد منها . الجزء الاخضر لدغل ذيل الثعلب *Setaria viridis* يقوم بحجز ما قدار 7 – 8 مرات من البروبانيل (propanil) على خيمته النباتية بالمقارنة مع الحنطة النامي معها . عدم وجود الشمع على الورقة يساعد على التصاق قطرات محلول المبيد . الاوراق ذات الشعيرات الدقيقة تحمي الاوراق من ملامسة قطيرات محلول المبيد فضلا عن ان نقطة النمو للحبوبيات والدخن تكون مختبأة في اوراق ملفوفة الى حين مرحلة البطان (booting stages) بينما الادغال من ذوات الفلقتين تكون نقطة نموها حساسة عند تعرض المبيد لها .

المبيدات الفعالة في التربة Soil – active Herbicides

الاختلافات في اخذ التربة للمبيدات المضاف لها غالبا ما تكون على اساس الاختلافات في عملية استقبال المبيد او جهوزيته فعندما يرش المبيد على سطح التربة فانه ينتشر خلال طبقة رقيقة لا تتعدى 2 – 3 سم من التربة وان اغلب الادغال تنبت ضمن هذه الطبقة الضحلة . التربة التي يضاف لها مبيدات تكون سامة عندما تمتص تلك المبيدات من قبل الجذور وذلك بسبب الحجم الكبير لبذور المحصول والتي توضع على عمق 4 – 5سم عند الزراعة وسوف تتطور الجذور الى اعمق من 5 سم والتي لا يصلها المبيد وبما ان بذور الادغال تنبت في الطبقة السطحية فأنها تلامس المبيد مما يؤدي الى قتلها سواء قبل البزوغ او حال بزوغها وهذا النوع من الانتخابية غالبا ما يسمى بحماية العمق (Depth Protection) وكما في الشكل (1.11)



شكل 13 .1 . انتخابية مبيدات الاعشاب الناجم عن حماية العمق

ان انتخابية مبيد Molinate بين الرز ودغل *Echinochloa* تعود بالدرجة الرئيسية الى الاختلافات في العمق الذي تتطور فيه الجذور التاجية ، فدغل *Echinochola* يكون جذور تاجية قريبة جدا من سطح التربة في المكان الذي يتواجد فيه مبيد Molinate بينما تكون بادرات الرز جذورها التاجية في الطبقات السفلى والشيء نفسه يحصل مع ادغال اخرى ترافق الحنطة اذ تحصل الانتخابية نتيجة الاختلافات في عمق العقدة الفلقية التي تكون للدغل سطحية بينما للحنطة على عمق اكبر . انتخابية مبيد Triallate ضد الشوفان البري *Avena fatua* المرافق للحنطة تأتي من الاختلافات في تواجد السلامية التي تقوم برفع المنطقة المرستيمية الحساسة وايصالها الى الطبقة التي يتواجد فيها المبيد بينما الحنطة لا توجد سلامية اذ تدخل الحنطة الطبقة التي يتواجد فيها المبيد فقط في الاخر عندما تقوم بتطوير غطاء بهيئة اوراق قاعدية .

استحداث الانتخابية Induced Selectivity

الانتخابية يمكن حثها او استحداثها باستعمال ممتزات (adsorbents) ومضادات التسمم والممتزات هي مواد ذات مقدرة فائقة لامدصاص المبيدات التي تتواجد قرب بذور المحصول مما يؤدي الى عدم تأثر هذه البذور بالمبيد . استعمال الفحم النشط الذي يعمل على امدصاص المبيدات مثل مبيد , Simazine , Neburon Diuron , Chloramben nitralin , Trifluarin , Propachlor , Butachlor , Pyrazon , EPTC , Propham , 2,4,5-T . اذ تحاط بذور المحصول النابتة والبادرات بطبقة من الفحم النشط الذي يمنع من ان تقوم التربة بامدصاص المبيد المضاف وبالتالي يحول دون وصوله الى بذور او بادرات المحصول . ان المواد الممتزة يمكن اضافتها بطرائق عدة مثل اضافتها فوق خط بذور المحصول او في جور البذور او غمس البذور في خليط الماء والفحم او تغطية البذور بهيئة كرات ..... الخ .

مضادات التسمم (antidotes) او حاميات المحصول من تأثيرات التسمم الذي تبديه مبيدات الاعشاب وبعض من تلك المضادات (-N , N – dially 1-2,2 – R- 25788 , (1,8 Naphthalmic anhydride) – dichloro acetamide . Alpha (Cyanome thoximino – Benzacetonitrite - CGA ,43089 ان المركبين الاول والثاني اثبت فعاليتهما لمضادات التسمم مع Butylate , EPTC وبدون استعمال مضادات التسمم فان كلا من Butylate , EPTC يسبان فقد لنسبة كبيرة من بادرات الذرة الصفراء عند استعمالها بجرع عالية الان ان تعفير بذور الذرة الصفراء بمقدار 0.5 غم من مضادات التسمم لكل كغم يؤدي الى حماية البذور من التسمم لاحقا . R- 25788 يمكن رشه مع Butylate , EPTC على التربة بتركيز 0.61 غم لكل هكتار من المادة الفعالة R-25788 كذلك يعد مضاد للتسمم للـ Metolachlor , Alchlor . الانتخابية كذلك يمكن الحصول عليها مباشرة من الرش المباشر بين الخطوط للمحصول او نثر حبيبات المبيد في الاماكن التي لا يتم حجزها من قبل المحصول .

تفاضلية الانتقال Differential Translocation

هناك حالات تكون فيها كميات المبيد الممدصة من قبل النبات متساوية الا ان نقلها يتم بمعدلات مختلفة . الانتخابية بين البنجر السكري (متحمل) والفاصوليا (حساسة) للـ 2,4-D هي نتيجة للانتقال البطيء في البنجر السكري بينما يكون سريعا في الفاصوليا . انتقال مبيد Terbutryn يتثبط في اصناف الحنطة القصيرة المقاومة . انتخابية مبيد الاعشاب كذلك تعتمد على الحالة المائية ونشاط النبات . الادغال يمكن ان تقتل انتخابيا في غابات الصنوبر عندما تكون اشجار الصنوبر ساكنة وذات جهد مائي قليل .

تفاضلية المقاومة البروتوبلازمية Differential Protoplasmic Resistance

ان اضافة مبيدات الاعشاب تسبب نقصا في فيتامينات واحماض امينية معينة او في مكونات اخرى وكما لو ان البروتوبلازم لبعض النباتات يمكن ان يقاوم النقص في بعض مكونات الخلية فانه يستطيع تحمل المبيدات بينما نباتات اخرى تموت . فعلى سبيل المثال النباتات التي تبدي تحمل مبيد الدالابون (Dalapon) يمكن ان تقاوم نقص حامض البانتوثينيك في تلك الانسجة كما انها تقاوم ترسب بروتينات تلك الخلايا . تحمل الخردل وفستق الحقل والقطن لمبيد Nitralin , Triflurain يعود الى توارثها للمقاومة البروتوبلازمية ولقد وجد ان مقاومة الرز لمبيد Molinate البروتوبلازمية هي الية مهمة جدا في نباتات الرز لهذا المبيد .

تفاضلية معدل ايقاف الفعالية Differential Rate of Deactivation

التفاضلية في ايقاف الفعالية لمبيدات الاعشاب في النباتات تستحدث الانتخابية وان ايقاف الفعالية ربما تعود الى الفعالية الايضية او الى الايض العكسي او اقتران (conjugation) .

الايض Metabolism

ان عملية تحطم المبيد داخل النبات الى مواد ايضية غير سامة تعرف على انها ايض مبيد الاعشاب . الانتخابية لمبيد Terbacil بين النعناع الفلفلي المتحمل له ونبات ضباب الصباح الحساس هو نتيجة للاختلافات في سرعة تحطم المبيد في كلا النباتين ، فأيض النعناع الفلفلي لمبيد Terbacil يكون سريعا لذا فان معدل التركيب الضوئي يهبط بصورة مؤقته بينما ايض ضباب الصباح يبقى مستمرا لمدة كافية لكي يعمل على تثبيط التركيب الضوئي الى درجة الموت وليس مؤقتا كما في النعناع الفلفلي .

الايض العكسي Reverse Metabolism

في بعض التفاعلات الايضية لمبيدات الاعشاب فان المركبات الكيميائية الوسطية تكون اكثر سمية للنباتات من تلك المركبات الاصلية فعلى سبيل المثال مبيدي MCPB , 2,4-D يكونا غير سامين للنباتات بينما المركبات الناتجة عنهما تكون سامة. هذا الايض العكسي هو عملية اكسدة انزيمية من نوع بيتا (Enzymic B-Oxidation) التي لا توجد في الادغال البقولية ولذلك فان البقوليات متحملة للـ 2,4-D و MCPB اما الادغال غير البقولية فتكون حساسة بسبب فعالية الاكسدة من نوع بيتا (B-Oxidation) .

الاقتران Conjugation

ازدواج جزيئات المبيد التي تتلامس مع بعض مكونات الخلايا في النباتات الحية تعرف بالاقتران ، فالاقتران يأخذ تركيز المبيد السام خارج الانسياب الرئيسي للنشاط النباتي . Chloramben يكون سريع الاقتران في الجذور للصويا المتحملة مع جزيئات الكلوكوز مكونا N-glucosyl Chloramben . في النباتات الحساسة للـ Chloramben فان الاقتران يكون بطيئا ويحاول المبيد الهروب من الجذور الى المواقع النشطة مثل الورقة . تحمل الحشائش للـ 2,4-D وازدواجه مع الكلوكوز ومع احماض امينية معينة لذلك لا يكون جاهزا ليؤذي النبات . في قصب السكر يرتبط 2,4-D على طبقة البروتين . قصب السكر ، التفاح ، الدخن تكون متحملة للسيمازين والاترازين لان تلك المبيدات يتم مسكها من قبل مكونات الخلية .

تفاضلية ايض الكاربون Differential Carbon Metabolism

تؤثر مبيدات الاعشاب في ايض الكاربون وتؤدي الى اختلافات في النشاط الايضي وللنباتات المختلفة ، فعلى سبيل المثال Chlorfenprop methyl و Flamprop isopropy يقللان من محتوى السكريات المختزلة تدريجيا في الشوفان البري بينما لا يتأثر الشعير .

طرائق الاضافة Methods of Applications

تضاف مبيدات الادغال اما الى التربة او ترش على الجزء الخضري للدغل ويعتمد ذلك على خصائص المبيد وعلى الية التاثير والانتخابية وهناك طرائق عدة تعتمد في هذا الجانب . العوامل البيئية المحيطة والتكاليف المادية وعوامل اخرى تؤثر في اختيار الطريقة الصحيحة للإضافة . ان عدم اختيار الطريقة المناسبة لإضافة المبيدات ربما تؤدي الى عدم تحقيق فعالية لإبادة مناسبة للدغل او يتسبب عنها اضرار لنباتات المحصول .

الاضافة عن طريق التربة Soil Application

الاضافة على سطح التربة Soil Surface Application

تضاف مبيدات الاعشاب رشا على سطح التربة لتكوين طبقة متجانسة من المبيد وهكذا ترش مبيدات الادغال التي اما تكون ذات ذوبانية قليلة والتي لا تنفذ الا لبضع سنتمترات قليلة داخل التربة لذلك فان الادغال التي تنبت في الطبقة السطحية سوف تتعرض للإبادة وذلك لحصول امتصاص للمبيد الموجود في تلك الطبقة .

ان اغلب مبيدات Amides , Urease , Atrazine تضاف بهذه الطريقة والمبيدات التي تضاف الى سطح التربة ولكي تكون فعالة في التربة تكون قليلة

الذوبانية والتطاير وبعد الاضافة على سطح التربة يجب عدم عمل اية اثارة لسطح التربة .

تخلط مع التربة **Soil Incoporation**

بعض مبيدات الاعشاب التي تنتمي الى مجاميع Aniline و Carbamate تكون متطايرة لذلك عندما تضاف على سطح التربة فان ثلث Fluchloralin يفقد خلال ثلاثة ايام فقط . المبيدات المتطايرة يجب ان تخلط مع التربة لتقليل فقدها وعموما فان مبيدات الاعشاب تلك تضاف قبل الزراعة وذلك لصعوبة خلطها مع التربة بعد زراعة المحصول .

اضافة تحت السطح **Sub – Surface Application**

عندما يراد السيطرة على الادغال المعمرة مثل السعد *Cyperus rotundus* و الثيل *Cynodon dactylon* فان المبيدات تضاف داخل الطبقات الضحلة من التربة ويتم ذلك من خلال حقن المبيد في داخل التربة وفي نقاط عدة .

الاضافة الشقية **Band Application**

يمكن ان تضاف المبيدات بهيئة خطوط شقية فوق او بجانب خط المحصول والادغال المنتشرة فيما بين خطوط المحصول يمكن القضاء عليها بالعزق او باستعمال المبيدات غير الانتخابية وهذه طريقة مفيدة عندما تكون هناك جهد كبير وعملية العزق غير ممكنة . ادغال الذرة الصفراء يمكن السيطرة عليها وبفعالية من خلال رش الاترازين على خطوط بذور الذرة الصفراء في اثناء الزراعة وتستعمل مبيدات غير انتخابية لرشها بين خطوط نباتات الذرة بعد بزوغ الادغال .

الرش على الجزء الخضري Foliar Application

رش تغطية (Blanket Application) . يقصد برش التغطية اضافة المبيد رشا على المساحة الورقية بشكل كامل ومن الجدير بالذكر ان المبيدات الانتخابية فقط هي التي ترش بهذه الطريقة .

حساب الجرعة Calculation of Dose

يحتوي المنتج التجاري لمبيد الاعشاب على المادة الفعالة للمبيد وتستعمل مواد حاملة للمبيد التي تسمى مواد حاملة ويعتمد اختيار هذه المواد على التركيبة المختارة والتركيبة الكيميائية للمبيد والمادة الحاملة والسعر الاقتصادي وعدم وجود اثار جانبية للمادة الحاملة سواء على المحصول او الصحة العامة او التربة ....الخ ويجب ان توضع علامة على عبوة المبيد تشير الى نسبة او تركيز المادة الفعالة بالنسبة لكمية او حجم المادة الموجودة في العبوة (المبيد + المادة الحاملة) .

المكون الفعال Active Ingredient يشير التركيز للمادة الكيميائية في المادة التجارية مباشرة الى المادة المسؤولة عن فعالية المبيد التي يطلق عليها المادة الفعالة او المكون الفعال (active ingredient) . المادة الفعالة لكل تركيبة مبيد معين يجب ان يتم عرضها على عبوة المنتج من قبل الشركة المصنعة وعموما يعبر عنها كنسبة الى الوزن او الحجم . فمثلا Atrataf 50% وزن / وزن تشير الى ان المنتج التجاري للاترازين يحوي على 50% مادة فعالة فاذا كان التوصية لاستعمال 0.5 كغم اترازين للهكتار فأننا يجب استعمال كغم واحد للهكتار من المنتج التجاري .

$$\textbf{كمية المادة التجارية الواجب استعمالها} = \frac{\text{الجرعة الموصى بها}}{\text{المادة الفعالة}} \times 100$$

مكافئ الحامض Acid Equivalent (a.e.) :- بعض مبيدات الاعشاب عبارة عن حوامض عضوية فعالة مثل حامض الفينوكسي و Picloramy و Chloramben

لكن غالبا ما تستعمل في تركيب عدد منها املاح او استرات فعلى سبيل المثال بدلا من D - 2,4 بهيئة حامض يستعمل صيغة ملح الصوديوم او ملح الامابن او الاستر . ان الحاصل النظري لصيغة الحامض الام من تركيبة المبيد يطلق عليها مكافئ الحامض Acid Equivalent . فمكافئ الحامض لملح الصوديوم للـ D – 2,4 يكون 92.5% وهو يشير الى ان 2,4 – Dichlorophenoxy acetic acid هو 92.5 % في ملح الصوديوم D – 2,4 وعلى اية حال اصبح من المألوف مع صناعة مبيدات الاعشاب ان يعرض مكافئ الحامض لنوع الحامض للمبيد في علاقته مع المنتج الاخير .

فمبيد يسمى Weeder – 96 يحوي 72% مكافئ حامض اذ يشير الى ان كل لتر من المنتج Weeder – 96 يحوي 720 غم من مادة D – 2,4 واذا ما عبر عنها كمادة فعالة فان Demethyl amine الموجود في Weeder – 96 يؤخذ بنظر الاعتبار ، لذلك فان مكافئ الحامض يكون دائما اقل من المادة الفعالة .

وقت رش او اضافة مبيد الاعشاب

Time of Application of Herbicides

لأجل الحصول على نتائج فعالة وكفؤة في السيطرة على الادغال فان وقت الرش او لإضافة يعدان ضروريان ويعتمد وقت اضافة المبيد على خصائص المبيد مثل الانتخابية وقابلية الذوبان والتطاير فضلا عن حركية المبيد وتحمل المحصول كذلك من العوامل التي تقرر وقت الاضافة .

الاضافة الى الارض الخالية Fallow Application

اضافة مبيد الاعشاب بوقت مبكر من موعد الزراعة كان يكون عشرة ايام مثل الزراعة يعرف بالإضافة للبور (Fallow Application) . اضافة المبيد للأرض الخالية او البور هي للسيطرة على مشاكل الادغال المعقدة ويتم اضافة تراكيز عالية

من المبيدات غير الانتخابية وعندما لا يكون هناك محصول في الارض وتستعمل هذه الطريقة اثناء تبوير الارض او المدة بين المحصولين للسيطرة على الادغال مثل السعد *Cynodon* و *Cyperus* , باستعمال جرع عالية . في البلدان الحارة فان اضافة جرع عالية من المبيد كان تكون 4.6 او 8 كغم مادة فعالة / هكتار من الاترازين اعطت حاصلا اعلى للذرة الصفراء عندما اضيفت في وقت مبكر من زراعة الذرة الصفراء كان تكون في الربيع للزراعة الخريفية .

اضافة قبل الزراعة Pre-plant Application

اضافة المبيدات الفعالة الى التربة بمدة 2 الى 10 يوم قبل موعد الزراعة تسمى اضافة قبل الزرع وتستعمل هذه الطريقة عندما تكون هناك حاجة لمزج المبيد مع التربة او عندما يكون التاثير السمي على المحصول اكثر في وقت مبكر من الرش او بداية حياة المحصول . مبيدات الاعشاب المتطايرة مثل Trifluralin , Fluchloralin يتم خلطها بالتربة لتجنب تعرضها للتطاير والفقدان وفي حالة عدم وجود امكانية خلطها مع التربة بعد زراعة المحصول لذلك فأنها تضاف وتخلط مع التربة قبل زراعة المحصول لذلك تسمى هذه العملية ادماج قبل الزراعة Pre-Plant incorporation (PPI) . Phenoxalin المدمج قبل الزراعة بمقدار 3 كغم مادة فعالة / هكتار له تأثير اقل على فول الصويا مقارنة بالإضافة بعد الزراعة وقبل البزوغ.

Trifluralin يدمج مع التربة قبل الزراعة يعطي نتائج افضل في السيطرة على الادغال مما لو اضيف ودمج بعد الزراعة وهذا يعود الى تحسين عملية الخلط مع التربة مما يقلل عمليات الفقد للمبيد . في احيان معينة من الضروري بإضافة جرعة اعلى بقليل من الجرعة الموصي بها للحصول على نسبة قتل عالية عندما تكون

الادغال مشكلة معقدة وفي مثل هذه الحالة فان اضافة المبيد قبل الزراعة تعد ممارسة افضل .

اضافة ما قبل البزوغ Pre-emergent Application

اضافة مبيدات الاعشاب بعد زراعة المحصول ولكن قبل حصول بزوغ بادرات المحصول والادغال تسمى اضافة ما قبل البزوغ Pre-emergent Application . المبيدات ذات قابلية الذوبان العالية لا ينصح بإضافتها بهذه الطريقة لأنها ستكون عرضة للغسل وتؤثر على المحصول اذا ما حصل مطر غزير بعد الاضافة . وعموما فان الادغال النابتة تقتل عند الاضافة قبل البزوغ وهذه تعطي مقدرة منافسة للمحصول.

اضافة ما بعد البزوغ Post- emergency Application

اضافة المبيدات بعد بزوغ بادرات المحصول تسمى اضافة ما بعد البزوغ Post- emergent Application وتتبع هذه الطريقة عندما يكون نمو المحصول كافيا بما يجعله قادرا على تحمل المبيد ، فعلى سبيل المثال الحنطة والشعير يكونا حساسان للإضافة قبل البزوغ بالنسبة لمبيد الباراكوت (Paraquat) والسيمازين (Simazine) ولا توجد سمية على نباتات الحنطة والشعير عندما يضافان بمرحلة 2 – 3 ورقة ، وعموما فان المبيدات بعد البزوغ غالبا وتمارس بعد 30 الى 40 يوم من الزراعة . ان جرعة المبيد و وقت الاضافة لمبيدات الاعشاب ولمحاصيل مهمة قد تم بيانها في الجدول الاتي :-

جدول 13.11. السيطرة على الادغال في المحاصيل المهمة

المبيد	الجرعة كغم مادة جافة / هكتار	وقت الاضافة
الرز		
2,4-DNa Salt	0.8	21 – 28 يوم بعد الشتل
2,4-Dester	0.9	5 – 7 يوم بعد الشتل
Benthiocarb	2.0	2 – 3 يوم بعد الشتل
Butachlor	1.25 الى 2.0	2 – 4 يوم بعد الشتل
Pendimethalin	0.75 الى 2.0	3 – 5 يوم بعد الشتل
الحنطة		
2,4-D amine	0.8 الى 1.0	21 يوم بعد الزراعة
2,4-DNa Salt	0.4الى 1.0	28 -35 يوم بعد الزراعة
2,4-Dester	0.45	30 – 45 يوم بعد الزراعة
Isoproturon	1.0	30 – 35 يوم بعد الزراعة
Methabenzthiozuron	2.0 الى 3.5	قبل او بعد البزوغ
Oxyfluorfen	0.1 الى 0.125	قبل بزوغ الادغال والحنطة
Terbutryn	1.5 الى 3.0	مرحلة 2 – 3 ورقة لنبات الحنطة
قصب السكر		
Atrazine	0.5 الى 2.5	قبل بزوغ الادغال والقصب
Nitrofen	2.5 الى 5.0	قبل بزوغ الادغال والقصب
Simazin	1.0 الى 2.0	قبل بزوغ الادغال والقصب
الذرة الصفراء		
Atrazine	1.0 الى 2.0	قبل بزوغ الادغال والذرة

		الصفراء
Simazine	0.5 الى 1.0	قبل بزوغ الادغال والذرة الصفراء
2,4-Daster	0.9	2 – 3 يوم بعد الزراعة
الذرة البيضاء		قبل بزوغ الادغال والذرة الصفراء
Atrazine	0.25 الى 1.5	قبل بزوغ الادغال والذرة الصفراء
Simazine	0.5 الى 1.0	قبل بزوغ الادغال والذرة الصفراء
2,4-D ester	0.9	2 – 3 يوم بعد الزراعة
	فستق الحقل	
Alachlor	1.5 الى 2.5	قبل بزوغ المحصول والدغل
Fluchloralin	1.25 الى 1.75	قبل الزراعة تدمج التربة
Nitrofen	3.00 الى 4.00	قبل البزوغ للدغل والفستق
Pendimethalin	0.75 الى 1.50	قبل البزوغ للدغل والفستق

تأثيرات مبيدات الاعشاب على المحاصيل Effect of Herbicides on Crops

عندما تضاف مبيدات الاعشاب الى تربة ارض محاورة للحقل فربما يحصل تأثير بوساطة عملية الانجراف . الجرعة العالية من المبيد التي اضيفت الى المحصول السابق ربما تؤذي المحصول اللاحق . وعلى اية حال فان الجرعة تحت المميتة التي

تستعمل على فترات منتظمة ربما تعزز المساعدة للسيطرة على المحصول والمبيد المستعمل .

الجرعة تحت المميتة Sub – lethal Dose

مبيدات الاعشاب تظهر تأثير تحفيزي لبعض المحاصيل وتأثير سمي للمحاصيل الحساسة وحتى في الجرع تحت المميتة . مبيدات الاعشاب التي تبدي تأثير تحفيزي هي Phonoxys , Traizine , Urease , Uracil في الحقيقة ان مبيد 2,4-D استعمل لأول مرة كهرمون نمو قبل اكتشافه كمبيد اعشاب .

مبيد الاعشاب Phenoxy تعد محفزات نمو عند استعمالها بجرعات واطئة والشيء نفسه مع الاندول استيك اسد (IAA) . اذ يكون لها تأثير على الانسجة المرستيمية مسببة زيادة النشاطات الايضية وبالتالي حاصل عالي ومحتوى بروتيني ايضا . محتوى حبوب الحنطة والبروتين تزداد من خلال تعفيرها بمقدار 5 غم / هكتار من 2,4-D الذي يخلط مع مغذيات صغرى مثل الحديد والنحاس . كذلك الجرعة العالية ولنقل 0.5 الى 1.3 كغم / هكتار يضاف الى التربة كمبيد اعشاب قبل الزراعة تعمل على زيادة محتويات الحبوب والبروتين للحنطة . المحاصيل الاخرى التي يبدو عليها تأثير تحفيز كنتيجة لإضافة مبيد الاعشاب هي البطاطا ، الباقلاء ، قصب السكر، فول الصويا .... الخ .

ومن التأثيرات الاخرى لمبيدات الاترازين والسيمازين والترازين عندما تستعمل بجرعات تحت مميتة اذ تعمل على زيادة امتصاص المغذيات فضلا عن زيادة الكلوروفيل والبروتين . السيمازين بجرعة 0.06 جزء بالمليون تعمل على زيادة اخذ المغذيات والحاصل للذرة الصفراء الا ان تركيز 0.3 جزء بالمليون يعمل على تقليل الحاصل . الاترازين كذلك يزيد النيتروجين الكلي ومحتوى البروتين في الذرة الحلوة

ان تأثير الجرعة تحت المميتة التي تسبب بوساطة الانجراف نادرا ما يكون لها تأثير سمي باستثناء المحاصيل الحساسة اندفاع رذاذ 2,4-D . بسبب تقزم نباتات القطن . Amitrole عند تركيز 10 الى 1000 جزء بالمليون التي تؤثر على التبغ او الحنطة تسبب زوال اللون الاخضر للأوراق نتيجة اختزال الكلوروفيل واضطراب تشكيل الكلوروبلاست وكذلك اختزال الكاروتينويدات . المتبقيات في التربة من مبيدات الاعشاب من المحصول السابق ربما تؤثر على انبات بذور المحصول اللاحق للمحاصيل الحساسة Triflurain , chloramben بجرعة 75 جزء بالمليون تثبط الانبات للصويا . وحتى في التراكيز المنخفضة فان Chloramben يؤدي الى خلل في تكوين الجذير والسويق الجنينية . وعلى اية حال فان Prometryn , Linuron بأكثر من 40 جزء بالمليون ليس لها تأثير على الانبات .

الجرعة المثالية Optimal Dose

عندما يضاف مبيد الاعشاب بجرعة مثالية فانه لا يسبب اي تأثير مؤذي سواء للمظهر الخارجي او الفعاليات الفسيولوجية لنباتات المحصول وفي الحقيقة فانه يؤدي الى زيادة الحاصل نتيجة لاختزالية نباتات الادغال سواء على مستوى العدد والمنافسة وبالتالي تقليل مقدرتها على المنافسة لنباتات المحصول على عوامل النمو الطبيعية لأدنى حد ممكن كما ان نوعية الحاصل تتحسن سواء زادت كمية الحاصل ام لم تزد .

Prometryn , Linuron , Atrazin , Alachlor لا تؤثر في نوعية المحصول عندما تستعمل في حدود التوصية . في حالة البقوليات كالبزاليا فان محتوى البروتين يزداد عندما يستعمل مبيد الاعشاب وفق التوصية المعتمدة .

الجرعة العالية Higher Dose

عندما تكثف اضافة المبيد (شدة عالية) او عندما يكون الدغل من النوع المقاوم للمبيد فان جرعة عالية من المبيد يجب اضافتها في هكذا حالات . ان تكرار اضافة المبيد في حالة وجود الادغال الاكثر مقاومة للمبيدات سيؤدي الى تراكم المبيدات في التربة . الجرعة العالية ستفقد المبيدات انتخابيتها وعلامات تأثيرها التي تلاحظ .وفي مثل هكذا حالات فان المبيد يعمل على تثبيط عملية التركيب الضوئي وايض النيتروجين كما يؤدي الى تشوهات في المظهر الخارجي كالعرانيص الثنائية الملتصقة واختزال النمو وقله الحاصل .

ايض الكاربون Carbon Metabolism

يعمل مبيد الاعشاب على تقليل الكلوروفيل في الحنطة عندما يستعمل بمعدلات عالية كذلك يؤدي الى اختزال عمليات نقل نواتج التركيب الضوئي في البنجر السكري ويعمل على تثبيت تصدير الكاربون الى المصبات ويعمل على ايقاف كل من تراكم النشا في الاوراق كمصادر وتوريد الكاربوهيدرات من المصادر الورقية .

العقدية (تكون العقد) Nodulation

مبيدات عشبية عند استعمالها بمعدلات عالية تعمل على تقليل اعداد العقد البكتيرية ووزنها في المحاصيل البقولية فمبيدات الاعشاب مثل Trifluralin , Alchlor , Methabenzthiozuron تعمل على تقليل اعداد العقد ووزنها في نبات الباقلاء *Vicia Faba*. Linuron , Dinitralin , Nitraliner تعمل على تثبيط تكون العقد و في احيان معينة تعمل على منع نمو النبات . السيمازين يؤدي الى تقليل عدد العقد البكتيرية في الحمص وربما يعود ذلك الى تأثير المبيد السمي على بكتريا العقد .نمو المزرعة الرايزوبية يقل بزيادة تركيز (1 – 20 ملغم / لتر) من

السيمايزين واسباب اخرى لتقليل العقد هو نتيجة تأثر المبيد في تقليل نمو الجذور كما ان مادة اليكهيموكلوبين لا تتطور في جميع العقد للنباتات المعاملة بالاترازين . (جدول 14.11)

MCPA , Picloram , Metoxuron تعمل على تثبيط نمو وتطور الاحياء الدقيقة للتربة لمدة 7-30 يوم وبمعدل عشر مرات اكثر من الحالة الطبيعية للتربة .

جدول 14.11. تأثير مبيد السيمازين والبرومترين على عدد ، وزن ومحتوى اليكهيموكلوبين للعقد الجذرية في الحمص

المعاملة	المبيد كغم / هكتار	عدد العقد	الوزن الطري ملغم	اليكهيموكلوبين ملغم / غم
Control	0	60	457	3.13
Simazine	1.6	16	38	0.00
	3.2	11	11	0.00
Prometreyn	1.6	38	288	3.02
	3.2	42	365	3.15
S. E.		4.3	25.9	0.18

وعلى اية حال حتى في الجرع العالية فان بعض مبيدات الاعشاب تعمل على تحفيز العقد Triflurolin اكثر بخمس مرات من التوصية المعتادة يعمل على تحفيز العقد في الصويا . Prometryn اكثر من التوصية بمرتين يعمل على زيادة عدد العقد ووزنها والهيموكلوبين مقارنة باستعمال التوصية الاعتيادية (جدول 14.11) .

نمو الجذور Root Growth

اضافة المبيدات عن طريق التربة تؤثر في نمو الجذور بمعدلات عالية . مبيدات Trifularlin , Profluralin , Fluchloralin تعمل على تقليل الجذور الجانبية عند استعمالها بجرعة ضعف عن التوصية . Profluralin , dinitralin يسببان اختزالا في اطوار الجذور الوتدية . Trifluralin يسبب انتفاخا في النهايات الجذرية لجذور الحنطة بعد 21 يوم من الزراعة وعلى اية حال فان سمية Trifluralin تبدا بالهبوط بعده 35 يوم من الزراعة .

النمو والحاصل Growth and Yield

الجرع العالية من مبيدات الاعشاب ربما تؤثر في الانبات والبزوغ والتأسيس الحقلي والتزهير واخيرا حاصل المحصول ، فمثلا المبيدان اللذان الذي يوصى بهما لأدغال فستق الحقل Nitrofen , Alachlor يعملان على تثبيط استطالة الجذير . انتفاخ السويقة الجنينية العليا والسفلى عندما يضافان بجرعة اعلى من 5 لتر / هكتار Profluralin , Dinitralin يسببان اختزالا في طول الجذير الوتدي Trifluralin يسبب انتفاخ نهايات الجذور في الحنطة خلال 21 يوم بعد الزراعة . وعلى اية حال التأثيرات السمية لمبيد Trifluralin تبدأ بالهبوط بعد 35 بعد الزراعة Pendimethalin عندما يضاف قبل الزراعة او قبل البزوغ يسبب تغير هيئة نباتات الحنطة ويقلل من نموه وتطوره . اضافة Fethoxydim لا يسبب تثبيطا لإنبات بذور الذرة الصفراء وعلى اي حال فان الاوراق تفشل في البزوغ من خلال الفلقة عندما يستعمل المبيد بمعدل 1.6 كغم مادة فعالة / هكتار لكن الاوراق الفاقدة للون الاخضر تبزغ باستعمال معدلات منخفضة (0.8 كغم مادة فعالة / هكتار) . نمو بادرات الذرة الصفراء يتثبط بإضافة Fethoxydim 0.2 كغم مادة فعالة / هكتار . ان خليط مبيديPhenmediphan , Desmediphan يقللان حاصل الجذور للبنجر السكري

بشكل رئيسي من خلال تقليل النباتات القائمة في الحقل بدلا من تقليله لقوة النباتات النامية في الحقل . اضافة Alachlor اكثر من 5 لتر / هكتار يقلل عدد الازهار في فول الصويا . غالبا مايشيع استعمال مبيد الاعشاب Butachlor للرز الا انه يسبب اختزالا للحاصل عندما يضاف بمقدار اكثر من 3 كغم مادة فعالة / هكتار اضافة 1 الى 3 مرات اكثر من المعدل الاعتيادي من Metalochlor , Cyanazine , Acetamide , EPTC لا تؤثر في البزوغ والنباتات القائمة وحاصل الحبوب الا ان ضررا يكون اعلى عندما تستعمل جرعة اعلى بقليل من الجرعة الاعتيادية .

جدول 15.11. تأثير Cyanazine على نمو الذرة الصفراء والحاصل

جرعة Cyanazine كغم / هكتار	البزوغ %	النباتات القائمة % Final stand	ضرر المبيد%	حاصل الحبوب طن / هكتار
3.4	86	85	7	8.739
6.7	87	85	8	9.001
10.1	86	84	16	8.581
CD %	غير معنوي	غير معنوي	4	0.310

تحمل الصنف Varietal Tolerance

تختلف سمية مبيدات الاعشاب عندما تستعمل بجرعات عالية باختلاف الاصناف لا تستجيب اصناف المحصول نفسه استجابة متشابهة . ولقد لوحظ اختلافات كبيرة في تحمل السمية لمبيدات الاعشاب وهذا الاختلاف ربما يعود الى الاختلافات المظهرية والخصائص الفسيولوجية بين الاصناف كما ان الطرز البيئية للأدغال تبدي استجابات مختلفة لجرعات المبيد وكنتيجة لما يبديه مبيد معين من انتخابية تجاه صنف

معين ربما لا يكون انتخابيا لصنف اخر وللمحصول نفسه . تفاعل 500 صنف من الشعير لمبيد 2,4-D والتي تم اختيارها في احد مراكز البحوث الزراعية الهندية وجد ان اغلب الاصناف المدخلة لم تتضرر بالـ 2,4-D مقارنة بالأصناف المحلية والاصناف الهجينة التي ادخل في تهجينها اصناف محلية . ولقد وجدت تغايرات في استجابات المحاصيل المختلفة في تحملها للمبيدات .

الاضافة غير المناسبة Improper Application

الاضافة غير المناسبة التي لا تكون ضمن معدلات التوصية تسبب تسمما لنباتات المحصول وربما يعود السبب الى خطأ توقيت الرش او طريقة الاضافة . مرحلة نمو المحصول في الوقت الذي يضاف فيه المبيد هي التي تحدد الضرر الذي يمكن ان تتعرض له نباتات المحصول لقد وجد ان اكبر ضرر يحصل لنباتات الشعير نتيجة لإضافة مبيد 2,4-D بعد 43 يوم من الزراعة مقارنة مع 35 يوم من الزراعة . ان اضافة المبيدات الى طبقات عميقة تسبب ضررا للمحصول . مبيد الاعشاب مثل Trifluralin (شديد التطاير) عندما يتم مزجه بالتربة ولطبقات عميقة فان الجذور الجانبية لفستق الحقل تتأثر بالمبيد كما ان اعطاء رية ثقيلة بعد اضافة مبيدات الاعشاب الذوابة فأنها تسبب ضررا شديدا للمحاصيل فعلى سبيل المثال اضافة 2,4-D Na بعد البزوغ متبوعا بإضافة السماد والري يؤدي الى تقليل النباتات القائمة للمحصول في الحقل (Plant Stand) .

مقاومة المبيد Herbicide Resistance

تعرف مقاومة المبيد على انها قلة الاستجابة من قبل افراد الانواع لمبيد الاعشاب وتعني بقاء عدد من افراد النوع دون ان تتأثر رغم رش الافراد الطبيعيين وجميعها وبجرعة واحدة . المقاومة لمبيدات معينة تتطور عندما يكون للمبيد درجة

عالية من السيطرة للنوع المستهدف . بذور الادغال لها حياة قصيرة في مجمع البذور في التربة والمبيد له مدة بقاء طويلة والمبيد وستعمل لاحقا المبيدات على موقع فعالية مفردة ومعدل المبيد يكون عالي . ان دورة المحصول و دورة مبيد الاعشاب تقانات مهمة للتغلب على المشكلة . اصناف عدة للمحصول تظهر تطور في موضوع المقاومة من خلال التحوير الوراثي لذلك يمكن للمحصول لأنه يتحمل مستويات عالية من المبيد.

مصير مبيدات الاعشاب في التربة Fate of Herbicides in Soil

مبيدات الاعشاب التي تضاف الى التربة يبدا فعلها من التاثير على عملية انبات بذور الادغال وتطور البادرات وان بنسبه صغيره من المبيد تمتص بوساطة النبات اما المتبقي فيفقد خلال واحد او اكثر من المسارات الاتية التي هي التطاير والامدصاص والغسل و التحلل الضوئي والتحلل الكيمائي والتحطيم بوساطة الاحياء الدقيقة .

التطاير Volatilization

فقدان مبيدات الاعشاب كبخار او تسامي تسمى عملية تطاير المبيد ويحصل الفقد بالتطاير خلال الاجواء الحارة وكذلك يكون اكثر من التربة الرطبة لان الامدصاص يكون اقل من قبل معقدات الطين . مبيدات الاعشاب مثل Fluchlordiner , Trifluralin , EPTC تفقد عن طريق التطاير وان حوالي 90% من الـ Trifluralin المضاف الى سطح التربة في فصل الصيف يفقد خلال 2 -3 يوم بعد الاضافة ويمكن تقليل الفقد بالتطاير عن طريق مزج المبيد مع التربة حالا بعد اضافته وعندما يمزج 1 لتر مع التربة في طبقة 2 – 5 سم العلوية فان نسبة الفقد حوالي 22% خلال 120 يوم .

الامدصاص Adsorption

الامدصاص هو ربط لجزيئات المبيد الملامسة مع غرويات التربة والمادة العضوية . المبيد الممدص لا يكون جاهز الفعالية في الترب ذات المحتوى الطيني العالي وكذلك المادة العضوية . Triazines و Urease يكونا اكثر امدصاصا . المبيدات العشبية يجب ان تضاف بجرعة عالية في حالة الترب الثقيلة وذات المحتوى العالي من المادة العضوية

الغسل Leaching

الغسل يعني حركة المبيدات مع الماء باتجاه الاسفل وخلال طبقات التربة يعني ازالة كمية من المبيد من الطبقة الفعالة من التربة وهكذا يعمل الغسل على تقليل مقدار سمية المبيد على الادغال وربما يسبب ضرر للمحصول . ان حدود الفقد بالغسل يعتمد على ذوبانية المبيد وامدصاصه وكمية الماء التي تمر من خلال طبقات التربة والمدة الزمنية لمرور الماء وان الفقد بالغسل يكون اكثر في الترب الخفيفة والمبيدات ذات الاعلى ذوبانية مثل 2,4-D , Dalapon , TCA .... الخ لذلك تتجنب اضافة هذه المبيدات في التربة الرملية .

التحلل الضوئي Photodecomposition

التحلل الضوئي هو عملية تكسير لجزيئات المبيد بوجود الضوء . يحدث التحلل الضوئي بسرعة عندما تكون شدة ضوء الشمس عالية ومن المبيدات التي يحصل لها تحلل ضوئي هي Monuron , Chloramben , PCP , Trifluralin .... الخ وهذه المبيدات يجب اضافتها في الصباح الباكر وخلطها مع التربة حالا بعد الاضافة .

التحلل الكيميائي Chemical Decomposition

تتكسر المبيدات احيانا الى مركبات بسيطة بوساطة تفاعلات عدة مثل التحلل المائي والاكسدة وازاحة الهالوجينات والتفاعل مع الهيدروكسيل ...... الخ .

التحطيم بوساطة الاحياء الدقيقة Microbial Degradation

المبيدات التي تضاف الى التربة تكون احيانا عرضة لمهاجمة الاحياء الدقيقة والتي يمكن ان تستعمل المبيدات تلك كمصدر للطاقة لذا تعمل هذه الاحياء على تكسير المبيد وتحويله الى نواتج بسيطة لكي تحصل على طاقتها منه ويعتمد تحطم المبيد في التربة على نوع الاحياء الدقيقة الموجودة وكثافتها العددية .

المتبقيات في التربة Soil Residues

المبيدات التي لم تتأثر بالمؤثرات التي ذكرت سابقا كالتطاير والغسل والتحطم فأنها تبقى في التربة كمتبقيات تربة . عندما يضاف المبيد وفق التوصية فمن المحتمل ان لا يكون هناك متبقيات لذلك المبيد اذ لا يحصل امداد للمتراكم في التربة . ان الاضافة بعد البزوغ بمقدار الى 2 كغم مادة فعالة / هكتار من السيمازين الى الذرة الصفراء لا تعد سامة للمحصول اللاحق مثل الحنطة والشعير والبزاليا والبطاطا وعندما يضاف السيمازين بجرعة عالية فانه يتراكم في التربة وربما يؤدي الى فشل المحصول اللاحق كالقطن وفول الصويا .

ان حدود الضرر الذي تسببه متبقيات المبيدات يعتمد على الجرعة المضافة وطبيعة المبيد وانتخابيته ونوع المحصول اللاحق . حالات عدة اكدت تأثر المحصول اللاحق بمتبقيات المبيد في التربة الذي استعمل مع المحصول السابق والجدول (16.11) يوضح ذلك .

الحراثة القليلة يمكن ان تعمل على تقليل تأثير متبقيات المبيدات فضلا عن ممارسات اخرى كالري او اضافة الاسمدة .... الخ .حراثة التربة تعمل على تعريضها لمستويات عالية من الاوكسجين مما يشجع فعل الاحياء المجهرية التي تقوم بتحطيم المتبقيات كما تعمل الحراثة على اعادة توزيع المتبقي من المبيدات وبالتالي تقليل سميتها وهذه يمكن ان يستعمل فيها المحراث المطرحي القلاب الذي يقلب الطبقات السطحية الحاوية على متبقيات المبيد الى الاعماق السفلى (20 – 30 سم) وبالتالي ابعادها عن بذور المحصول اللاحق وبادراته وجذور النباتات الفتية كما ان ذلك يعرض المبيد لاحتمالات الغسل الى الاسفل او تعرضه للتحطيم بنسبة اكبر . اضافة المادة العضوية او النيتروجين والري ربما يؤدي الى زيادة فعاليات الاحياء الدقيقة وهكذا تزداد عملية التحطيم للمبيد . سمية متبقيات المبيد يمكن تقليلها عن طريق تأخير موعد زراعة المحصول اللاحق .

جدول 16.11. تأثير متبقيات مبيدات الاعشاب على المحصول اللاحق

المحصول	المبيد	الجرعة	المحصول اللاحق	
		كغم / هكتار	سام	غير سام
زهرة الشمس	Trifluralin	1 – 5 الى 2.5	حنطة	-
حنطة	2,4-Damine	0.8	-	قطن
ذرة صفراء	Atrazine	5.0	حنطة	
	Simazine	5.0	ماش ، بنجر علفي	
قطن	Diuron	2.0 الى 4.0	حنطة ، ذرة بيضاء	
رز	Oxyflourfen		-	ماش
	Bentazone		البقوليات	-
ذرة بيضاء	Atrazine	1.5	اللوبيا	-

خلائط او مزج مبيدات الاعشاب Herbicides Combinations

خلط او توافيق مبيدات الاعشاب تستعمل عادة لزيادة كفاءة التأثيرات للمبيدات او لتحقيق جانب اقتصادي وبهذه الطريقة فان مبيدين او اكثر يتم خلطهما . ان عملية خلط المبيدات تعطي مزايا معينة مثل طيف التاثير الواسع او التاثير الاضافي او المؤازرة . منع سمية احد المبيدات من خلال الخلط او تقليل الجرعة المستعملة .... الخ كل خلائط المبيدات تعطي مزايا الا ان مزج بعض المبيدات مع بعضها لا يكون مرغوبا . مزج المبيد يجب ان تحاط بمعرفة دقيقة . هناك نوعين من خلائط مبيدات الاعشاب :-

1- مبيدات يتم مزجها في خزان الرش ويتم تحضيرها من مبيدات مرغوبة وبمعدلات محسوبة قبل الاضافة (تخلط من قبل المستعمل) .
2- مبيدات يتم اعداد مزيج من قبل الشركة المصنعة وفي المعمل اذ تباع في الاسواق كخليط في عبوات ومثبت عليها العلامة التجارية للشركة .

هناك خلائط لمبيدات معينة عدة يتم عملها تحت علامات تجارية مختلفة وتسمى من قبل المصنع تستعمل لأدغال محددة وفي حالات معينة (جدول 17.11) . بعض خلائط المبيدات تتضمن Phenoxys , Uracils , Ureas , Triazines . هناك دول لا يسمح فيها بمزج مبيدات الاعشاب في المعمل (صناعيا) ولذلك فان المزج في خزان الرش هو الذي يعتمد

جدول 17.11. خلائط مبيدات الاعشاب وتأثيرها في السيطرة على الادغال

خليط المبيدات	الاسم التجاري	المحصول	الادغال التي يقتلها
Barbant MSMA	-	حنطة	-
Metalachlor + Atrazine	-	ذرة صفراء	الشوفان البري
MCPA + Dicamba	Diamet –D	حنطة	ادغال ذوات الفلقة والفلقتين
Dixcamba + 2,4 – D amine	Dialem	حنطة	اغلب الادغال
Dicamba + Mecoprop	Diaprem	حنطة	فعال على الادغال المقاومة للـ 2,4-D

تداخل مبيدات الاعشاب مع الكيميائيات الزراعية

Interaction , With Other Agro-Chemicals

الكيميائيات الزراعية مثل الاسمدة الكيميائية ومبيدات الحشرات والمبيدات الفطرية ومبيدات النيماتودا ومنظمات النمو .... الخ تستعمل في موسم محصولي واحد متزامنة او متلاحقة وسواء اضيفت كخليط او بالتعاقب فان تلك الكيميائيات تخضع لتغيرات في خصائصها الفيزيائية و الكيميائية وربما تعود الى زيادة او اختزال في كفاءة واحد او اكثر من تلك الكيميائيات . ان التاثير التداخلي يمكن ملاحظته حالا بعد الاضافة او بعد حين .

تداخل مبيدات الاعشاب مع الاسمدة الكيميائية

Fertilizer – Herbicides Interaction

تخلط الاسمدة والمبيدات لتسهيل عملية الاضافة وزيادة الفعالية للمبيد او لأغراض اقتصادية . وعموما فان خلط الاسمدة مع مبيدات الاعشاب يزيد من كفاءة الاخيرة من خلال التاثير في عملية الامتصاص والنقل وايض المبيد .لقد وجد ان الاسمدة النيتروجينية تزيد من كفاءة عملية الامدصاص والنقل للمبيدات بينما الاسمدة الفوسفاتية تزيد من السمية من خلال تحفيزها لبعض فعاليات الايض .

الاسمدة النيتروجينية Nitrogenous Fertilizers

اضافة نترات الامونيوم تعمل في احداث زيادة كبيرة في امتصاص مبيد Isooctyl ester of 2, 4 – D – T من قبل اوراق الاشجار . مبيدات الاعشاب في محلول نترات الامونيوم بنسبة 0.1% تتحلل الى حامض بينما الجزء المتبقي يبقى بهيئة استر. هذه العملية تعمل على تسهيل دخول المبيدات بالمسلك المستقطب او اللامستقطب .

ايونات الامونيوم تسرع من عملية نقل المبيد وهناك حالات عدة تحدد فعالية الاسمدة النيتروجينية في تحسين كفاءة مبيدات الاعشاب . اضافة 0.5% كبريتات الامونيوم تعمل على زيادة السيطرة على دغل الحلفا *Imperata cylindrical* بوساطة مبيد الكلايفوسيت .

فعالية 2, 4 – D تزداد عندما يضاف كبريتات الامونيوم في خزان الخلط . كما ان سمية الكلايفوسيت على النباتات في 0.2 الى 0.5 كغم / هكتار على نبات شعير الرمال الزاحف *Agropyron repens* يزداد عند اضافة 1% من كبريتات الامونيوم. وعندما ترش نترات الامونيوم بمقدار 10 كغم / هكتار مع 2, 4 – D فان اختزالا اكبر

في افراد مجتمع ادغال الحنطة سيحصل . كبريتات الامونيوم تزيد من فعالية الكلايفوسيت.

الاسمدة الفوسفاتية Phosphatic Fertilizers

يعد مبيد Amitrol ساما لفستق الحقل عند اضافة مستويات عالية من الاسمدة الفوسفاتية وهناك علاقة خطية بين Amitrol وسميته للنباتات بالتداخل مع تركيز الفسفور يتم ملاحظتها في الحنطة والذرة البيضاء والصويا والشيلم . وهناك تداخل مشابه لوحظ مع Diuron والفسفور في القطن والصويا مع الفسفور في تأثيرهما في نمو جذور الطماطة

خلائط الاسمدة Mixed Fertilizer

عموما اضافة خلائط من الاسمدة الكيميائية مع مبيدات الاعشاب مثل Linuron , Monuron , Flumeturon , Prometryn , Trifluralin .... الخ تعمل على زيادة حساسية الادغال للمبيدات كفاءة خليط مبيدات الاعشاب مثل Diamet – D (Dicamba + MCPA) وان فعالية MCPA في تقليل اعداد الادغال في محصول الحنطة تعتمد على معدلات الاضافة من الاسمدة النيتروجينية والفوسفاتية .

اسمدة NPK تعمل في تقليل امتصاص الاترازين بوساطة النبات وهكذا تقلل من سميته على النباتات . الاترازين يكون اكثر سمية بوجود PK مقارنة بوجود NP او NK وذلك لزيادة امدصاص المبيد من قبل نباتات المحصول .

امتصاص المغذيات Nutrient Absorption

تؤثر المبيدات في عملية امتصاص المغذيات فمثلا D – 4 ,2 و Dicamba يقللان من اخذ النيتروجين من قبل فستق الحقل بنسبة 55 الى 64% بعد اضافة المبيد بستة ايام . مبيد Lenacil يقلل من امدصاص النيتروجين من قبل بعض البقوليات .

التوافق مع الاسمدة Incompatibility with Fertilizers

الاسمدة ربما تعمل على تحفيز او تقليل فعالية المبيد عندما لا يؤدي تداخلهما الى حصول اذى على نباتات المحصول وكلاهما (الاسمدة والمبيد) يمكن جمعهما سوية . مبيدات الاعشاب مثل Alachlortatrazine , Alachlor , Butylate , Atrazine Butylate , Trifluralin يكون لها تأثير متساوي عندما تضاف منفصلة (كلا على حدة) او مع الاسمدة . مبيدات الاعشاب والاسمدة يمكن خلطها واضافتها بثلاث طرائق هي :-

1- **محلول رش Spray Solution :** الاسمدة النيتروجينية مثل الامونيا المائية وكبريتات الامونيوم يمكن اضافتها الى محلول المبيد بتراكيز من 0.5 الى 2% .

2- **خلط مع معلق الاسمدة Mixing with Suspension of Fertilizers :-** لا توجد خصائص محددة يمكن ملاحظتها عندما يضاف مبيدات الاعشاب مثل Atrazine , Alachlor , Butyalte عندما تضاف مع معلقات الاسمدة . كل هذه المبيدات تبدي توافق كيميائي وفيزيائي مع الاسمدة لذلك فان اضافتها في معلقات الاسمدة اصبحت شائعة واكثر استعمالا في الولايات المتحدة .

3- **الاسمدة الجافة مع مساحيق المبيدات Dry Fertilizers with Herbicides Powder :-** الاسمدة الصلبة يمكن خلطها مع مبيدات الاعشاب التي تكون بهيئة مساحيق . ان اضافة مبيد السيمازين بهيئة مسحوق مع سماد

NPK قبل الزراعة او رش المبيد بعد اضافة الاسمدة اعطيا حاصل متساوي لمحصول الذرة الصفراء.

تداخل المبيدات الحشرية مع مبيدات الاعشاب

Herbicide – Insecticide Interaction

غالبا ما تضاف مبيدات الاعشاب والمبيدات الحشرية في ان واحد او بالتعاقب وخلال مدة قصيرة . هذه الكيميائيات لا تكون مؤذية بالعادة عندا تستعمل ضمن حدود التوصية وتضاف في التوقيت الصحيح تحمل النباتات لمبيدات الاعشاب ربما يتبدل بوجود مبيدات الحشرات والعكس بالعكس . فضلا عن ان فعالية مبيدات الاعشاب ربما تطول او تقصر بوجود المبيدات الحشرية .

المبيدات الحشرية التي تضاف للتربة Soil – Applied Insecticides

انتخابية مبيدات الاعشاب التي تضاف الى التربة غالبا ما تعتمد على موقعها بالنسبة لنشاط الجذور التي ستقوم بامتصاصها . وعموما فان جذور المحاصيل في طبقات اعمق داخل التربة بالمقارنة مع جذور الادغال . لذلك فان جذور الادغال تمتص كميات كبيرة من المبيدات وعلى اية حال بعض الترب التي تضاف لها مبيدات حشرية تعمل على تشجيع النظام الجذري للمحاصيل في الطبقات السطحية من التربة وهذا ينتج عنه ان تأخذ جذور المحصول كميات كبيرة من المبيد مما قد يسبب ضررا للمحصول وان مثل هذه التأثيرات الضارة للاترازين ومجموعة اليوريا تم تأكيدها مع استعمالها مبيدات الحشرات الفوسفوعضوية مثل Phorate

او Disulfoton التي تضاف الى التربة سواء عند الزراعة كخليط او عقب الزراعة وبسرعة .

سمية Diuron , Monuron على نباتات القطن تزداد عندما تضاف المبيدات الحشرية Phorate , Disulphoton , تأثير مشابه يضاف على الشوفان عندما يضاف Diuron مع Disulfoton . Phorate يزيد من التأثيرات العكسية للـ Linuron , Chloramben على الصويا (جدول 18.11) لتقليل الاضرار التي تحصل للمحصول من جراء اضافة الاترازين فان المبيدات الحشرية مثل Diazinom , Disulfoton تضاف بعد انبات المحصول بدلا من اضافتها قبل البزوغ .

معاملة البذور بالمبيدات الحشرية Seed Traeted Insecticides

المبيدات الحشرية من نوع Carbamate مثل Carbofuran تستعمل لمعالجة البذور ضد الامراض التي تتوالد في التربة في الاطوار المبكرة للآفات الحشرية . وعندما تضاف مبيدات الاعشاب قبل البزوغ فان Carbofuran تزيد من عملية اخذ مبيد الاعشاب من قبل المحصول ويقلل النمو . لقد وجد ان اضافة Alchlor قبل بزوغ البذور الشعير والذرة الصفراء بالـ Carbofuran يقلل من نمو بادرات الشعير فقط رغم ان كميات كبيرة من مبيدات الاعشاب سيتم امتصاصها من قبل كلا المحصولين فان نمو الذرة الصفراء لم يتأثر نتيجة سرعة تحطم Alchlor . كما ان نفس الفعل في تقليل النمو لوحظ على الشعير مع Chloramben عندما عوملت البذور بالـ Carbofuran .

جدول 18.11. تأثير المبيدات الحشرية الفوسفوعضوية على فعالية مبيدات الاعشاب

المبيد	المحصول	التاثير
Phorate		
Monuron	قطن	سمية نباتية
Chloramben	فستق الحقل	لا توجد سمية نباتية
Prometryn	باقلاء	زيادة امتصاص
Chloramban	صويا	تثبيط النمو
Metrabuzin	صويا	تقليل اعداد النباتات وحاصل الحبوب
Linuron	صويا	بدون تأثير
Disulfoton		
Diulron	قطن	سمية نباتية
Diuron	شوفان	سمية نباتية
Trifluralin	فستق الحقل	لا توجد سمية نباتية
Chloramben	صويا	تثبيط النمو

المبيدات الحشرية التي تضاف رشا على الجزء الخضري

Foliage – Applied Insecticides

المبيدات الحشرية الكاربامية تعمل على زيادة دخول مبيدات الاعشاب الى داخل النبات وتقلل تحطمها عندما تضاف ممزوجة معها وتسبب السمية . مبيد Linuron يسبب ضررا للأجزاء الخضرية عندما يرش ممزوجا مع الكاربوريل ويحدث الضرر عندما تخلط الكيميائيات في خزان الرش او عندما ترش منفصلة في

اليوم نفسه والشيء نفسه يحدث مع الكاربوريل اذ يعمل على تقليل ايض الـ Monuron في اوراق القطن . المبيدات الحشرية الفوسفوعضوية Dimethioate methyl parathion تعمل كذلك على زيادة اخذ 2,4-D . الاضافة الورقية لمحلول يحوي 1.5 كغم من 2,4-Damine مع 1 كغم من Methyl Parathion او 2 كغم من Phospholane او 1 كغم من Dimthioate في مرحلة 3 – 4 ورقات تزيد من اخذ 2, 4 – D من قبل نباتات محصول الرز وتقلل حاصل الرز .

Demethylation

Monuron → Monoethyl urea

الكاربويل يثبط تحطم الـ Monuron في اقراص اوراق القطن عندما يستعمل لوحده ويعمل على تثبيط Demethylation اللاحق .

Propanil يعد الاوسع استعمالا كمبيد بعد البزوغ في حقول الرز فهو يتكسر داخل نباتات الرز بالتحلل المائي ولا يكون ساما للرز ومع ذلك فان رش البروبانيل للرز بيوم واحد بعد اضافة الكاربوريل يؤدي الى قتل اغلب نباتات الرز ويعود ذلك الى تثبيط فعاليات التحلل المائي .

التداخل بين مبيدات الاعشاب ومبيدات الفطريات الممرضة

Herbicide – Pathogen and Fungicide Interaction

تداخل مبيدات الاعشاب والمبيدات الفطرية ليس حالة واسعة كما في تداخل مبيدات الاعشاب والمبيدات الحشرية . فمبيدات الاعشاب تتداخل مع المبيدات الفطرية فضلا عن الامراض التي تسببها الاحياء الدقيقة . بعض مبيدات الاعشاب تقلل من شدة المرض نتيجة لتأثيرها السام على المسبب او تأثيرها على المظهر الخارجي للنباتات .

Doinoseb يقلل شدة مرض تعقد السيقان في فستق الحقل وتعود سميته الى المسبب لذلك المرض .

الاكسدة تسبب تقليل حدوث تعقد الجذور *Sclerotium rolfsii* لفستق الحقل لان المبيد يعمل على تقليل انتشار المهاميز مما يسبب اختزال ملامستها مع التربة .

بعض من مبيدات الاعشاب تتداخل مع المسبب المرضي مسببة مزيدا من الاضرار . في حالة وجود *Rhizoctonia Solani* فان Chloroxuron يسبب مزيدا من الضرر للبزاليا . بعض المبيدات العشبية تسبب ضعف للنباتات وتجعلها حساسة للأمراض . Dinoseb و Atrazine اللذين يثبطان عملية التركيب الضوئي مما يزيد من الحساسية للإصابة بفايروس موزائيك التبغ .

مبيدات فطرية معينة تقلل من اخذ بعض المبيدات العشبية وهكذا تقلل من سمية الاخيرة للنباتات . فاخذ الاترازين يقل من قبل الذرة الصفراء والخيار والصويا بوجود Dexon.

الادارة المتكاملة للأدغال Integrated Weed Management

الادغال يمكن السيطرة عليها من خلال طرائق عدة وان لكل طريقة مزايا ومساوئ . وهذه الطرائق لا تناسب جميع المحاصيل ووضع الادغال ولكل دغل او مجموعة ادغال تناسبها طريقة او طرائق معينة للسيطرة عليها وان الاستمرار على طريقة معينة ولمدة طويلة قد يجعل الادغال قادرة على بناء مقاومة لذلك من الضروري جمع اكثر من طريقة فضلا عن تغيير الطريقة المتبعة . الادارة المتكاملة للسيطرة على مجتمعات الادغال التي تستعمل فيها كل التقنيات المناسبة وبالأساليب المتوافقة لتقليل انتشار الادغال واستدامة خلو الحقل منها او تقليلها بما لا تسبب ضررا اقتصاديا للمحصول والادارة المتكاملة هي مزيج من الممارسات الفيزيائية والزراعية

والكيميائية والاحيائية وباستعمال اثنين او اكثر من هذه الممارسات التي تناسب المحصول وحالة الدغل فأننا يمكن السيطرة على الادغال وبكفاءة اقتصادية .

اسس عامة General Principles

ادناه المبادئ التوجيهية العامة لكيفية تطبيق استعمال مبيدات الادغال :-

1- تشخيص انواع الادغال بشكل صحيح .

2- تقييم مستوى الدغل المنتشر .

3- انتخاب المبيد الملائم لأنواع الادغال الموجودة .

4- التطبيق في الوقت الصحيح (قبل البزوغ او بعد البزوغ ..... الخ) .

5- التطبيق بالمستوى الصحيح (الاعداد الصحيح واستخدام المعدات المحسوبة بدقة)

6- عالج المنطقة بشكل كاف .

7- الاخذ بنظر الاعتبار عامل الطقس (لا امطار متوقعة و لا رياح قوية) .

8- الاخذ بنظر الاعتبار عمر نبات الدغل (النباتات الحديثة تكون سهلة المكافحة).

9- الاخذ بنظر الاعتبار غطاء الارض و نوع التربة (الترب العضوية والترب الطينية تمتص المبيدات) .

10-استعمالات الات الرش المناسبة بعد الفحص والتعبير .

11-ارتداء الملابس الواقية لجميع اجزاء الجسم .

الفصل الثاني عشر

ادارة الآفات الزراعية

PESTS MANAGEMENT

النباتات ابتداء هي الكائنات الوحيدة المنتجة (producers) ، وهي المصدر الرئيس للطاقة ، مصدر غذاء لعدد واسع من المستهلكين الذي يتضمن الاحياء الدقيقة و اللبائن الثديية والانسان . ان الحصول على اعلى طاقه انتاجية من المحصول تعود الى عوامل فيزيائية وكيميائية واحيائية . يقدر انخفاض الحاصل بسبب العوامل الاحيائية لوحدها بحوالي 30% او اكثر من الطاقة الانتاجية الكلية . هذا الفقد يحصل في مراحل مختلفة من عمر المحصول يبدأ من الانبات والتأسيس الحقلي الى نمو المحصول وتطوره حتى النضج والحصاد والخزن . بعض الكائنات الحية المتواجدة في بيئة النباتات تكون مفيدة ، بينما البعض الاخر مضرة . بالإضافة الى ممارسات ادارة النباتات ، فأن البيئة النباتية تكون مؤثرة في تلك النباتات لذا فان هناك احتياج لفهم سلوكية هذه الكائنات الحية المفيدة في النظام البيئي من حيث احتياجاتها ونمط معيشتها. اذا من المهم معرفة طبيعة حياة الكائن الحي ولاسيما المرحلة العمرية التي تكون اكثر واسرع تأثرا ، لكي يتم السيطرة عليها ومعالجتها والاهتمام بها والمحافظة عليها . يسلط هذا الفصل الضوء على عالم الاحياء للكائنات الحية وتداخلها مع بعضها البعض ، وكيف يؤثر احدها على الآخر او الآخرين.

مفهوم المرض Concept of Disease

المسبب المرضي والبيئة الفيزيائية غير الملائمة ، ربما يسببان عدم اداء النبات لوظيفته بشكل كامل . العوامل الاحيائية التي تسبب انخفاض الحاصل والتي تشمل كلا من كائنات حيوانية ونباتية . وهذه توضع بأربعه اقسام هي :-

1.امراض متسببة عن كائنات حية دقيقة .

2.نباتات الادغال .

3.آفات حشرية .

4.حيوانات لا فقرية (لا حشرية) او افات فقرية .

يقال عن النبات بأنه اصبح مريضا ،عندما ينحرف عن واحد او اكثر من وظائفه الفسيولوجية مثل انقسام الخلايا او امتصاص الماء او المغذيات والتركيب الضوئي والتكاثر . هذا الانحراف يتسبب بوساطة احد المسببات المرضية (pathogen) او بعض العوامل البيئية الطبيعية . المرض ربما ينتج عنه ضرر وظيفي للخلايا والنسيج المتأثر تظهر عليه علامات مرضية (مثل تغيير الشكل والسلوك والفسلجة) . نوع الخلايا والنسيج المصاب هما اللذان يحددان نوع الوظيفة الفسلجية التي ستتأثر اولا بتلك الاصابة .

بعد التأثير الاولي للإصابة تحدث تأثيرات اخرى . ربما ينتج عنها موت النبات على سبيل المثال اذا اصيب الجذر بتعفن ، فأن الانسجة الناقلة ربما تتضرر (كما في حال ذبول الحزم الناقلة) . بذلك سيكون تلكؤ في نقل الماء والمغذيات ، سيتأثر التركيب الضوئي هو الاخر وينتج عنه انخفاض في نمو النبات ، وبالتالي انخفاض الحاصل . اما عند اصابة الاوراق (مثل تحرق او تبقع الاوراق) فسوف تنخفض مساحة التركيب الضوئي بعدها ستنخفض كميات نواتج التركيب الضوئي التي تقود بالتالي الى خفض النمو والحاصل ، والامراض ليست دائما تعمل على اضعاف او تحطم الخلايا المتأثرة بها ، اذ ان امراضا معروفة ربما تحفز الانقسام الخلوي (hyperplasia) او توسع الخلايا (hypertrophy) . هذه الاحداث غير الطبيعية تقود الى تكاثر خلايا النسيج ، وينتج عنه نمو غير منتظم (اورام) .

هناك عشرات من الاف الامراض النباتية يجب ان تصنف لتسهيل دراستها وتشخيصها وادارتها وبما يشبه تماما موضوع تصنيف النبات . هناك طرق عدة لتصنيف امراض النبات (عمليا وعلميا) . التقسيمات العملية لأمراض النبات تتضمن الفئات الاتية :-

1. **تسبب اعراض Symptoms Caused:-** الامراض التي تسبب اعراض مختلفة مثل التعفنات (تعفن الجذور) واللفحات والاصداء والتفحمات والموزائيك والاصفرارات .
2. **تأثر اعضاء النبات Plant organ affected :** الفئات العامة لأمراض النبات التابعة لهذا التقسيم تتضمن امراض الجذور وامراض الاجزاء الخضرية وامراض الثمار وامراض السيقان .
3. **فئة النبات Plant category :** هناك مرض معين يصيب نباتات معينة من المحاصيل الحقلية والزينة والاشجار والخضروات واشجار الفاكهة .
4. **الكائن اوالمسبب المرضي Ccausal organism or fact:** هذا النظام من التقسيم هو واحد من اشهر الطرائق الواسعة الاستعمال وهو يعتمد على الكائن المسبب عن طريق معرفة ودراسة ذلك العامل المسبب وطبيعته ووظيفته وسلوكه . ويمكن تقسيم امراض النبات الى اثنين من المجموعات الواسعة هي

أ- **امراض احيائية (معدية) Biotic(infections) diseases:-** هذه الامراض تتسبب بوساطة مسبب . ويمكن ان ينتقل من نبات مصاب الى اخر سليم . هذه المسببات اما ان تكون فطريات او فايروسات او فيرودز او نيماتود او حيوانات وحيده الخلية (بكتريا او مايكوبلازما) او نباتات متطفلة او بروتوزوا .

ب- **امراض لا احيائية (غير معدية) (non infections) diseases Abiotic:** هذه الأمراض تتسبب بوساطة عوامل بيئية ، ولذلك تكون غير

معدية . وهذه العوامل تتضمن مستويات غير طبيعية من متطلبات النمو مثل درجات حراره عالية او منخفضة ، رطوبة مفرطة او نقص فيها واضاءة شديدة او منخفضة او رياح شديدة او نقص بالمغذيات او مغذيات سامة او نقص بالأوكسجين او تطبيقات زراعية غير مناسبة و pH غير ملائم او ملوحة عالية .

تصنيف امراض النبات Classification of Plant Disease

ماهي مسؤولية الكائنات الحية الدقيقة عن امراض النبات ؟

ماهي العلاقة الاقتصادية المهمة للأمراض وماتسببه ؟

مسببات الامراض النباتية يمكن تقسيمها الى التصنيفات الرئيسة الاتية :-

1. فايروسات وفايرودات Viruses and viroids
2. بكتريا Bacteria
3. فطريات Fungi
4. المايكوبلازما التي تشبه الكائنات الحية coplasma like ms organisMy
5. المتطفلات الحيوانية (البروتوزوا) Protozoa
6. النيماتودا Nematoda
7. النباتات العليا المتطفلة Parasitic higher plants

1- فايروسات اجبارية التطفل Viruses are obligate parasitens :- تحتاج الفايروسات الى نسيج مضيف لكي تبقى حية (اجبارية التطفل) انها ليست خلايا ولا تتكون من خلايا .كما انها ليست حيوانات حقيقة وهي عاجزة عن الهضم والتنفس . تتألف من مركز من الحامض النووي اما RNA او DNA داخل

غلاف بروتيني . وهي مختلفة في الشكل والحجم اغلب الفايروسات النباتية هي فايروسات RNA.

الفايرودات (Viroids) تكون صغيرة وعارية وهي عبارة عن حلقة حلزونية مفردة من RNA_S . تدخل الفايروسات النباتية الى النبات من خلال الجروح الميكانيكية او ناقلات (حاملات Carriers) احيانا تنتقل الفايروسات بوساطة حبة لقاح تحمل الفايروس ثم تنتقل الى البويضة داخل المبيض . الفايروسات هي امراض جهازية ابتداء تحدث في سوائل اللحاء وما ان تدخل اللحاء فان الفايروس يتحرك الى المرستيم القمي (القمة النامية) وبوساطة الحشرات الماصة (لاسيما المن aphids) او الحشرات الماضغة مثل (الثربس thrips) يتم نقل الامراض الفايروسية من النباتات المصابة الى النباتات السليمة من خلال التغذية هذه . مثل هذه الحشرات تدعى ناقلة (vectors) او حاملة للمرض والفايرسات ربما تنتقل بوساطة البذور وهناك نيماتودا معروفة وحلم وفطريات كذلك تعمل على نقل الفايروسات . ومن علامات الامراض الفايروسية هو ظهور التبرقش (الموزائيك mosaics) الذي يكون عادة اخضر خفيف او اصفر او بقع بيضاء مع وجود اخضر طبيعي مع وهن (ضعف) في نمو النبات وتؤدي الى خفض الانتاجية .

الفايروسات نادرا ما تقتل عوائلها (hostes) النباتية وبعض النباتات المصابة ربما لا يظهر عليها علامات الاصابة اذ يمكن ان تبقى داخل النبات كامنة مدة طويلة على قيد الحياة وان ضعف النمو الذي يظهر على النبات يتسبب بوساطة قلة انتقال المواد المنظمة للنمو.

توصف الامراض الفايروسية بوساطة العائل (المضيف) . مثل فايروسات موازئيك التبغ (TMV) ، وفيروسات موزائيك التقزم للذرة الصفراء (MDMV).

كما توصف حسب نوع الحامض النووي (مثل DNA أو RNA) أو حسب اسلوب الانتقال أو حسب الشكل الخارجي وغيرها .

لا تكافح الامراض الفايروسيه بأستخدام مبيدات الآفات (الكيميائيات التي تستعمل في مكافحة الآفات النباتية) . وان اشهر مكافحه مؤثره هي الوقاية من دخول الفايروسات من خلال الحجر الصحي والتفتيش والتصديق . وتستعمل الاصناف المقاومة عادة لمكافحة الامراض الفايروسية ومن الطرق الاخرى للمكافحة هو تعريض النسيج المصاب الى حراره عالية (38م^o) من 2- 4 أسابيع (تدعى المعالجة الحرارية heat therapy) .

عادة القمم النامية للنباتات المصابة تكون خالية من الفايروسات وهذه القمم ربما تستخدم لغرض التكاثر بوساطة الزراعة النسيجية لنحصل على نباتات خالية من الامراض الفايروسية.

2- اغلب البكتريا المرضية للنبات يكون شكلها عصوي صولجاني Almost all pathogenic plant bacteria are rod- shoped (Bacilli) :- هناك نوعين من الانواع البدائية (Prokaryotes) التي تسبب الامراض في النبات وهي البكتريا Bacteria والمايكوبلازما Mycoplasma .

هذه الكائنات الحية ذات النواة غير الحقيقية تكون في واحد من اربعة اشكال :- كروية (cocci) او عصوية الشكل (bacilli) او حلزونية (spirilli) او خيطية (filamentous) . وهذه يمكن ان تقسم استنادا الى ردة فعلها (تفاعلها) الي صبغة ايجابية Gram possitve بنفسجي (violet) او سلبية Gram negative (احمر وردي). تتكاثر البكتريا بوساطة الانشطار الثنائي اذ تنقسم الى قسمين binary fission . اغلب البكتريا تكون اختيارية للعائل النباتي . لذا فهي مفيدة في تحليل المخلفات العضوية .البكتريا المسببة لامراض النبات تتواجد في

اماكن رطبة ودافئة . تحتوي البكتريا على حلقة صغيرة من DNA التي تستعمل في بحوث التقانات الحيوية.

تنتشر البكتريا بوسائل عدة منها الرياح ومياه الري او الامطار او باستعمال البذور المصابة او اية مواد تكاثرية اخرى .وهي تدخل الى العائل من خلال فتحات طبيعية (مثل الثغور) او الجروح.

تشمل امراض البكتريا امراض العفن الطري (الرخو) والتقرح البكتيري والذبولات والنمو غير الطبيعي والجرب والتعقدات والتي تؤثر عادة على الساق او الجذور او اوراق النبات. البكتريا عموما تكون غير متحمله لدرجات الحرارة اعلى من 52م^{0} لذلك فهي تنتقل خلال الجروح وادوات التقليم التي يجب ان تستعمل بعد تعقيمها وكذلك يجب المحافظة على الصحة العامة خلال مراحل انتاج المحصول لكي نقضي على مصادر الامراض هذه وان افضل وسيلة هي استعمال الاصناف المقاومة للأمراض .

- **البكتريا المفيدة (النافعة) Beneficial Bacteria :-** ليس كل انواع البكتريا تكون مسببات مرضية . فمثلا نباتات المحاصيل البقولية تستفيد من التعايش التكافلي للبكتريا في تثبيت النتروجين الجوي الذي يستفيد منه النبات ولذلك في الانتاج التجاري لبذور فول الصويا فان البذور يجب ان تعامل باللقاح البكتيري صناعيا مثل زراعتها (بكتريا Rhizobia) .

3- المايكوبلازما الشبيهة بالكائنات الحية Mycoplasm Like Organisms:-

المايكوبلازما التي تشبه الكائنات الحية تكون فاقدة للجدار الخلوي وتتواجد في انسجة اللحاء ولها القابلية على التكاثر بنفسها ولها DNA وRNA لكنها فاقدة للجدار الخلوي . وهي تصيب الخضروات والمحاصيل الحقلية وهي جهازية وتنتقل بوساطة النواقل الحشرية مثل القفازات والمن ويستعمل الرش بالمبيدات لمكافحة

الناقلات الحشرية وقد نجح استعمال مادة التتراسايكلين في الحد من امراض الكمثرى .

4- الفطريات تسبب اغلب الاصابات المرضية المهمة لنباتات المحاصيل Fungi -: Cause of the important infection diseases of Crop plants

تم تشخيص اكثر من 100000 نوعا من الفطريات اغلبها متطفلة saprophytic (تعيش على المواد العضوية الميته) . حوالي 8000 من هذه الانواع الفطرية تسبب امراضا للنباتات . وقد كانت مسؤوله عن تدمير وابادة المحاصيل الغذائية التي قادت الى احداث مجاعات .

تهاجم الفطريات الازهار والبذور والاوراق والسيقان والجذور . فهي غالبا متعددة الخلايا (وبعضها وحيدة الخلية). وليس لها كلوروفيل وبالتالي ليس لها قابلية على التركيب الضوئي. تعيش الفطريات متطفلة. ويمكن تقسيمها الى اقسام عدة .

أ- **اجبارية الترمم Obligate aprophytes:** تعيش على النباتات الميته وانسجة الحيوانات فقط .

ب- **اجبارية التطفل Obligate parasite :-** تعيش على انسجة النبات الحية فقط .

ت- **اختيارية الترمم Facultative Saprophytes :-** تعيش عادة على الانسجة الحية ولكن يمكن ان تعيش على الانسجة الميته تحت ظروف معينة .

ث- **اختيارية التطفل Facultative Parasites :-** اعتياديا فهي تترمم الا انها احيانا تتطفل

تنتشر الفطريات بهيئة اجسام تدعى سبورات (spores) مع وجود استثناءات وهذه تكون مختلفة في الشكل والحجم واللون . عند انبات السبورات فأنها تنتج تراكيب تدعى هايفات hyphae (مفردها هايفا hypha) وهذه تنمو وتتفرع لإنتاج تراكيب اخرى تدعى مايسيليا mycellia (مفردها مايسيليوم mycellium) او اجسام فطرية

تنتشر السبورات بوساطة الرياح والماء والحشرات والبذور وعوامل اخرى . وهذه تصيب من خلال الجروح والفتحات الطبيعية او بوساطة اختراق مباشر للبشرة . كل الفطريات الممرضة تقريبا تقضي جزء من دورة حياتها على العائل النباتي والجزء الاخر على بقايا النبات او على التربة . يعتمد بقائها على قيد الحياه على ظروف درجة الحرارة السائدة.

تشمل امراض الفطريات تبقع الاوراق واللفحات والعفن الفطري والاصداء والذبولات . بعض السبورات تنمو على سطح الورقة كالعفن (مثل امراض Helminthosporium) . وفطريات اخرى مثل Septoria و Ascochyta تعيش مترسخة في انسجة النبات. من العلامات المفتاحية للأمراض الفطرية هي: التنكرز او ما يسمى بالموت الموضعي (الانسجة الميتة) والضمور (النمو الواهن) hypotrophy والنمو المفرط hypoplasia.ويمكن توضيحها بما يلي :

1.اعراض الموت الموضعي Necrotic Symptoms :- من العلامات الشائعة للموت الموضعي هي تبقع الاوراق leaf spot (ضرر موضعي). واللفحة blight (تحول الى اللون البني ويقود الى موت العضو) ، الموت الرجعي Die back (التنكرز يبدأ في القمة النامية للموضع) وتقرحات Canker (والتقرح عبارة عن جرح موضعي يكون غائر والانثراسين) وتنكرز وجروح غائرة والخمود damping off (انهيار سريع وموت للبادرات الحديثة) والجرب scabe (مواقع يظهر فيها الضرر) .

2.اعراض مرتبطة بالنمو Symptomes Involving Growth :- هي علامات مفتاحية تتضمن اما تضخم (Hypertrophy) او زيادة عدد الخلايا (Hyperplasia) بضمنها القدم المشوه clubfoot (الذبولات التوسعية). والقرح gall (توسع جزء نباتي ، وسيقان ناميه بغزاره witches broom ، التفاف او تجعد الورقة leaf curl (تجعد الاوراق).

3. اعراض اخرى Other symptoms :- علامات شائعه اخرى لها علاقة بالأمراض الفطرية مثل الذبولات wilts (تدهور نظام الاوعية) والصدأ rust (اضرار صغيره مختلفة تظهر لون صدأي) والعفن الفطري mildew (غطاء من المايسيليوم والاثمار الفطرية) .

تعد الامراض الفطرية بسيطة المكافحة نسبيا ومن وسائل المكافحة هو استعمال الكيميائيات وبذور سليمة واصناف مقاومة هناك مبيدات حماية تستعمل عادة في معاملة البذور ، او تضاف الى سطح النبات . المكافحة الكيميائية هي اشهر وسيله مكافحة مؤثره للمرض الفطري والاهتمام بالصحة العامة تعتبر احدى الوسائل المهمة لمكافحة الامراض الفطرية كما يجب اتلاف المتبقيات النباتية خصوصا تلك المصابة .

كما في البكتريا بعض الفطريات تكون نافعه للإنسان ، مثل فطر البنسيليوم penicillium التي تستعمل لإنتاج المضادات الحيوية وكذلك المشروم الصالح للأكل oomsmushr والخمائر yeast (لإنتاج المشروبات وفي عمليات الخبز والاغذية الاخرى. وكما في التعايش التكافلي للبكتريا مع البقوليات ، فأن مرافقات من فطريات النبات تدعى مايكورايزا Michorhizae في انواع مثل الذرة الصفراء والقطن وفول الصويا والتبغ وهي تساعد في امتصاص الفسفور .

طبيعة المرض Nature of Disease

المرض هو نتاج للتداخل بين المسبب المرضي والعائل وعوامل معينة ضمن المحيط . قابلية المسبب المرضي لإحداث مرض تدعى (pathogenecity) . صنف النبات الذي يمكن للمسبب المرضي ان ينمو عليه يدعى العائل range_ host المتطفلات الاجبارية تكون محددة بعائل واحد (عائل متخصص host-specific) . بينما المتطفلات غير الاجبارية يمكن ان تسبب المرض في انواع نباتية مختلفة .

ماهي المتطلبات الاساسية لظروف المرض لأجل التطور ؟

هناك ثلاثة عوامل اساسية لحدوث المرض هي :-

1. **المسبب المرضي pathogen(causal organism)**
2. **العائل الحساس Susceptible host (Plant)**
3. **الظروف المناسبة favorable environment**

هذه العوامل الثلاثة تدعى مثلث المرض (Disease triangle) . وان شكل المرض يعتمد على طبيعة هذه العوامل الثلاثة و كمية قليلة من العامل المسبب للمرض ربما تتضاعف بسرعة ويصبح مرض قائم له وجود اذا كان العائل حساس جدا والبيئة مناسبة . من جهة اخرى فان اعداد كبيرة من المسبب المرضي ربما تصيب النبات تحت ظروف غير مناسبه قد لا تسبب أي تأثير مرضي . أي مسبب مرضي له دورة حياتية وهناك مراحل عامة عده في حدوث وتطور المرض وهي :-

1- التلقيح Inoculation :- عملية التماس بين العائل والمسبب المرضي تسمى التلقيح inocuation . المسبب المرضي او جزء منه المرتبط بعملية التلقيح تسمى اللقاح Inoculation . وهذا يمكن ان يكون سبورات spores او فايروسات او بكتريا او كائنات حية دقيقة اخرى . بدء انتشار وحدة اللقاح التي ينتج عنها التماس مع العائل تسمى اللقاح الاولي primary inoculum وهذه ينتج عنها الإصابة الأولية وكما تم الاشارة عليه سابقا .

2- الاختراق Penetration :- هي المرحلة التي يدخل فيها المسبب المرضي نسيج العائل . كما في حالة انبات سبورات الفطريات . بعض المسببات المرضية (مثل الفطريات والنيماتودا) والمتطفلات النباتية تحتاج الى قوة ميكانيكية لكي تستطيع اختراق النبات مسببات اخرى تفرز انزيمات او مركبات كيميائية تعمل على تليين جدار الخلية لتسهيل الدخول .الاختراق ربما يحدث خلال مسامات

طبيعية (مثل الثغور). او الجروح التي تحدث اثناء العمليات الزراعية او الاضرار التي يسببها الحالوب او قد يحصل الاختراق عن طريق البشرة مباشرة ويسمى الاختراق الوتدي (Penetration peg) . الاختراق ربما يحفز ميكانيكية المقاومة لدخول المسبب المرضي بما يحدد عملية تطور المرض .

3- الاصابة Infection :- الإصابة هي العملية التي بوساطتها يؤسس المسبب المرضي عملية ملامسة مع خلايا العائل او النسيج ليستطيع ان يتغذى للنمو والتضاعف (التكاثر). من اجل احداث الإصابة الفعالة يجب ان يكون العائل حساس لسلالة المرض (اي ان المسبب المرضي واجتياحه يجب ان يكون له حدة مرضية على العائل) . وحال دخول المسبب واجتاحه الخلايا والانسجة ليستعمرها وهذا ربما ينتج عنه علامات . الاستيطان colonization (النمو والتكاثر) ربما يحدث ابتداء على السطح (كما في البياض الدقيقي) او النظام الوعائي (كما في الذبول) احيانا فقط خلية واحدة او خلايا قليلة تستعمر (وتدعى اصابة موضعية Localized infection) او تجتاح النبات بشكل كامل وتدعى (اصابة جهازية Systemic infection) والعلامات ربما تظهر مباشرة بعد دخول المرض (المسبب المرضي) . وبعض الاصابات ربما تبقى كامنه وغير متكشفه (Undetectctable) ان الوقت بين التلقيح وتطور (ظهور) الاعراض المرضية تسمى مدة الحضانة (n periodincubatio) .

كيف يتفاعل النبات عند الاجتياح بوساطة المسبب المرضي ؟

هناك ثلاث استجابات عامة :-

أ- **فرط التطور للنسيج Ooverdevelopment of tiss :-** النسيج المتأثر يتطور بأفراط وبعلامات (مثل التجعد) او التقرحات .

ب- غير متطور (ناقص النمو) Undevelopment tissue :- الاعضاء النباتية او النبات الكلي ، ربما يصبح قزم كما يحدث في الاصابة الفايروسية.

ت- تفاعل فرط الحساسية Hypersensitive reaction :- المسبب المرضي يسبب نسيج ميت حول موقع الاصابة .كما يحدث في تبقع الاوراق واللفحات او التعفن والتقرح والعقد الطرية .

4- الانتشار Dissemination :- المرض المتسبب عن كائنات حية ينتشر بوساطة نواقل وعوامل اخرى ليصب عوائل جديدة (new hosts) . اذ ان النيماتودا والسبورات الفطرية والبكتريا تتحرك مسافات قصيره فقط . وهذه تنتشر ببطيء من نبات الى اخر . ولكن في الجانب الاخر السبورات يمكن ان تحمل الى مسافات طويله بوساطة الهواء . البكتريا والنيماتودا كذلك تنتشر بوساطة الماء . نشاطات الانسان (حمل النباتات) كذلك تساهم في انتشار الامراض . الحشرات الناقلة مثل المن وقفازات الاوراق تعمل على نشر الامراض .

5- على مدى الشتاء /على مدى الصيف over wintering/over summering:- المسببات المرضية تتواصل في البيئة (في الارض او على المواد النباتية) . في مرحلة معينة من دورة حياتها حتى ينمو المحصول في الموسم اللاحق . عند موت العائل في الشتاء . المسبب المرضي له القابلية على البقاء في ظروف الشتاء القاسية (تسمى على مدى الشتاء over wintering) في الجانب الاخر اذا العائل مات في الصيف ، فالمسبب المرضي يبقى على مدى الصيف (Over summering) على قيد الحياة . بعض المسببات المرضية تستوطن في التربة مثل (Fusariumوpithum) ، بينما اخرى تكون وقتية الوجود في التربة ، فهي تعيش اغلب دورة حياتها على العائل . الفايروسات والمايكوبلازما تبقى على قيد الحياة فقط في الانسجة الحية.

النباتات لها اليات دفاع معينه للحماية من اجتياح المسبب المرضي

Plant have Certain Defense Mechanisms to Ward off Pathogenic Invasion

كيف تدافع النباتات عن نفسها ضد مهاجمة المسببات المرضية ؟

عند حدوث التلقيح بالمرض ، فأن النبات العائل ربما يقاوم التطور الاضافي لدورة المرض سواء كان نشطا (active) وهذه الاليات تكون اما تركيبية او كيموحيوية وكما يأتي :-

1. **الدفاع التركيبي Structural defence:** النباتات لها سمات تركيبية معينة قبل وجود المرض مثل الشمع المائي الطارد المترسب على البشرة او الكيوتكل السميك الذي يعمل على اعاقه دخول المسبب المرضي . بعض النباتات قد تكون مكسوة بالزغب (تراكيب شعرية) على الورقة والاجزاء الاخرى التي تعيق دورة حياة المسببات المرضية . وكذلك تلعب طبقة الفلين الدور نفسه في الدفاع ضد المرض.

2. **الدفاع الكيموحيوي Biochemical defence:-** هناك انواع معروفه من النباتات تنتج سموم فطرية وعندما تهاجمها من قبل المسببات المرضية . مثلا البصل الاحمر يقاوم الإصابة الفطرية بواسطة افراز سموم تدعى Catechol و Protocatechaic acid في حين ان البصل الابيض لا ينتج هذه السموم ولذلك فهو حساس لمهاجمه الفطريات . كما ان اصناف البطاطا التي تنتج سكريات منخفضه تكون اقل حساسية للتعفن الطري البكتيري الذي يتسبب بواسطة *Erwinia carotova var atroseptica* من تلك الاصناف التي تنتج سكريات عالية . النباتات التي تتعرض للجروح تنضح كيميائيات معروفة

تـدعى phytoalexins علـى سـبيل المثـال جـروح نباتـات البـازلاء تنضـح phaseolin بينما البطاطا والفلفل تنضحrishitin و capsidol بالتتابع .

بعض النباتات مزودة وراثيا بالمقاومة لبعض الامراض

Some Plants are Genetically Equipped to Resist Certin Diseases

نباتات المحاصيل ربما تقاوم المرض لسبب او لأسباب عدة منها :-

1. **عدم مقاومة العائل Non-host resistance** النباتات التي تكون تصنيفيا خارج مدى العائل للمسبب المرضي لا تصاب بالمسبب المرضي ودون الحاجة لوجود المقاومة .لكون امراض محددة تحدث فقط في مجاميع نباتية مصنفة ومعروفة مثل مرض يصيب الذرة الصفراء لا يؤثر على البطاطا حتى اذا كانت الظروف الملائمة سائدة .
2. **المقاومـة الوراثيـة Genetic resistance :** النباتـات التـي لهـا مقاومـة وراثيـة حقيقيـة تحمـل جين معروف (او الجينـات) التـي لهـا القابليـة علـى مقاومـة حدة (قوة) الجين او الجينات للمسبب المرضـي .
3. **المقاومـة الواضـحة (الظـاهرة) Apparent resistance:-** النباتـات مـن خـلال استراتيجيات اخرى او بطرائق ميكانيكية يكون لها القابلية على تجنب المرض.

المقاومة الحقيقية Resistance True

المقاومة الحقيقية للمسبب المرضي يسيطر عليها وراثيا ،اذا كان لمربي النبات قدرة لتربية اصناف تحمل صفة المقاومة لمرض محدد. هناك انواع عدة من المقاومة :-

1. **المقاومة العمودية Vertical resistance** :- وتسمى الجين الرئيس (Mijor gene) ، الجين القليل (Oligogene) ، الجين الاحادي (Monogene) ، النوعي (Qualittative) ، السلالة النوعية (Race – specific) المقاومة التمايزية (Differential resistance) المقاومة العمودية يسيطر عليها بوساطة جين واحد او عدد قليل من الجينات . لذلك فهي ذات توارث بسيط وسهله التربية نسبيا . الاصناف المقاومة عادة تكون لها صفة المقاومة لسلاله مرضية معينة . اذ يبدي مقاومة كاملة لمسبب معين تحت مدى واسع من الظروف البيئية . وان حدوث اية طفرة بسيطة في الجين (سلاله جديدة) يبطل مقاومة ذلك العائل للمرض ، توصف هذه المقاومة بانها غير صامدة (not durable) . هناك انواع نباتية لها اكثر من 20 من جينات المقاومة ضد مسبب مرضي مفرد (مثلا الحنطة لها 20 - 40 جين مقاوم ضد مرض الصدأ *puccinia recondita*)

2. **المقاومة الافقية Horizontal resistance:-** المقاومة الافقية يسيطر بوساطة جينات عدة مستحدثة ، يساهم كل جين باتجاه المقاومة . وتوصف هذه المقاومة على انها الجين الثانوي (Minor gene) ، غير متخصص (Non – Specific) ، نوعي عام (General quantitative) النبات البالغ (a dult plant) حقل (Field) ، متعدد الجينات (Polygenic) ، جينات عدة (Mutigenic) وغير متمايز المقاومة (Nondifferential) هذه المقاومة الكلية تكون غير تامة عادة ، اذ تنخفض المظاهر المعروفة للمرض (مثل تكون السبورات sporulation او تكرر الاصابة ferquency infection وانتشار المرض في الحقل) هذه المقاومة تكون اكثر صعوبة في ادخالها في برامج التربية ، ولكنها اكثر قوة و رسوخ من المقاومة العمودية ، وهي قابلة للتغيير بيئيا ، ولهذا فأن المقاومة الافقية تختلف من بيئة لأخرى . كل النباتات لها بعض الدرجات من المقاومة الافقية .وهي لا تحمي نباتات المحصول من الاصابة ، ولكنها الى حد ما تخفض تطور وانتشار المرض .

3. **المقاومــة الســايتوبلازمية Cytoplasmic resistance :-** الجينــات المعنيــة بالمقاومة العمودية والمقاومة الافقية تكون في نواه الخلية في الاصل . ولذلك فهي تتبع قوانين مندل للتوارث . هناك امراض معينه يسيطر عليها بوساطة الجينات تقع على اعضاء خلوية تقع في السايتوبلازم .امثله على الامراض التي تقع تحت سـيطرة السـايتوبلازم هـي لفحـة الاوراق فـي الـذرة الصـفراء *Biplaris Helminthosprium maydis* .

المقاومة الظاهرة Apparent resistance

هناك نباتات معينه ليس لها جينات مقاومة ، ولكن لها القابلية على تجنب من المرض خلال نوعين من الالية : هي الهروب Escape والتحمل Tolerance .

1. **الهـروب Escape :-** كمـا تـم توضـيحه سـابقا ، التـوازن بـين ثـلاث عوامـل (المسبب والعائل والبيئة) هي التي تحدد خطورة بداية المرض . فحتى اذا كان المسبب موجود على نبات المحصول ، مع غياب الظروف المحيطة الملائمة .فان ذلك يسبب خلاص النباتات من الاصابة اذ ان بعض النباتات تكون حساسة في مراحل نمو معينة للاصبة بالمرض .على سبيل المثال الانسجة الاحدث تكون اكثر حساسية لأمراض معينه مثل البياض الدقيقي والاصابات الفايروسية من الانسجة الاقدم .المنتج ربما يقوم بتغيير ظروف الزراعة (مثل المسافات ومستويات البذار والتسميد وتطهير الادوات وازالة النباتات الغريبة او يستعمل بذور ذا حيوية وخالية مـن الامـراض ..... الـخ) للحد او التقليل مـن حـدوث المـرض فـي المحصـول . الزراعة المفردة تكون مفضلة لتأسيس الاصابة المرضية ، بينما الزراعة المختلطة او الدورة الزراعية تخفض مجتمع المسببات المرضية . هنـاك نباتـات يمكـن ان تهرب من الإصابة بسبب نقص الرطوبة او انخفاضها . في حاله محصول البطاطا

فأن انخفاض ال pH يؤدي الى الحد من مرض جرب البطاطا *Streptomyces scabies*

2. **التحمل Tolerancce:-** هناك نباتات معينة يمكن ان تكون منتجة رغم وجود المسبب المرضي . وهذه يمكن ان نقول عنها بانها متحملة للمرض . الاصابات الفايروسية عادة لا تقتل العائل النباتي ولكن تسبب انخفاض الانتاجية من خلال اعاقه نمو النبات . النباتات المتحملة تحمل صفات متوارثه خاصة تساعدها رغم السماح للمسبب المرضي بالتضاعف بدون أن يؤثر على النبات العائل . هذه النباتات العائلة اما قادرة على افراز سموم او قادرة على التعويض عن أي تأثير او خلل وظيفي وهي تبقى منتجة بشكل اقتصادي.

الاسس الوراثية لحدوث المرض

Genetic Basis of Disease Incidence

الاصابة المرضية تعتمد على العائل والمسبب والبيئة . درجة الحساسية degree of susceptibility او المقاومة Resistaince للعائل ضد الاصابة تدعى (تفاعل العائل host reaction) درجة الاصابة بالمرض للمسبب تدعى (الحدة virulence). هناك جينات للمقاومة (في العائل) وجينات حده (في المسبب) . هذه المجموعتين من الجينات يعتقد انها مترابطتان جدا . هناك تطابق لحدة الجين في المسبب . هذه تدعى فرضية جين لجين gene-for gene hypothesis . الجينات السائدة للمقاومة تدعى R بينما الحساسية تسيطر عليها جينات متنحيه (r) هذا في العائل . اما في المسبب ، عدم الحديه تقع تحت سيطرة جين سائد A . بينما الحديه يسيطر عليها جين متنحي (a) . العائل المقاوم للمرض عندما يملك جين المقاومة المتغلب (R) . بينما المسبب ينقصه جين عدم الحده (A) سيكون التداخل (العائل المسبب توليفة الجين هو R × A) . المرض يحدث اذا كان العائل حساس (r)

والمسبب حاد (a) التوليفة هي (ar) . كذلك يحدث المرض في التوليفة (Ar) ايضا .

كيف تؤثر المسببات المرضية على انتاجيه المحصول ؟

How Pathogens Affect Crop Productivity ?

ماهي الأهمية الاقتصادية لأمراض النبات؟

تؤثر الامراض على فسيولوجيا النبات والعمليات الحيوية . ربما ينجم عن الامراض موت النباتات او اجزاء منها . ان العمليات الفسيولوجية الرئيسية التي تتأثر هي : التركيب الضوئي والتنفس والنقل والنمو وكما يلي :-

1- **التأثير في التركيب الضوئي Effect in Photosynthesis :-** عند انتشار المسببات (التي تلامس اوراق النبات مثل اللفحة) تؤدي الى تقليل سطح التركيب الضوئي او المساحة الورقية . ان التأثير في التركيب الضوئي وبالتالي في نمو النبات ثم في الحاصل يعتمد على مقدار الانخفاض الذ يحصل في المساحة الورقية ولكن بعض الانواع النباتية (مثل فول الصويا) لها القابلية على النمو طبيعيا ، من الوقت الذي تتأثر حوالي 30 - 40% من الاوراق . اذ ان الاوراق المتبقية تستطيع زيادة كفاءة التركيب الضوئي للتعويض عن انخفاض المساحة الورقية فضلا عن فقد الاوراق فان الاصابة بالمسبب ربما تخفض الكلوروفيل (اصفرار الاوراق) ، تمثيل النشا يتأثر بشكل متفاوت بسبب الامراض . تثبيت CO_2 كذلك ينخفض وهكذا فان صافي التركيب الضوئي ينخفض مما يسبب نقصا في الحاصل الاقتصادي والحيوي .

2- **التنفس Respiration :-** عند تماس النباتات مع المسبب المرضي تبدا بزيادة التنفس وتتحفز العمليات الحيوية عموما ، ويزداد التركيب لمواجهة الطلب على المغذيات تحت الاصابة . النباتات المصابة (المريضة) كذلك تظهر تغير في

التوازن التنفسي من التحلل السكري glycolysis والفوسفات الخماسية pentose phosphate وهكذا فان النسيج المصاب له كميه منخفضة من ATP .

3- **النقل Translocation :-** النباتات المصابة بالمتطفلات الاجبارية تعاني من صعوبة نقل مواد التمثيل الى مناطق الاصابة . مسببات مرضية معروفة تدعى الذبول الوعائي Vascular wilts يتسبب بوساطة الفطريات المعروفة *Fusarium umcilliverti* يعمل على اجتياح النظام الوعائي للعائل تعمل على سد مجرى النقل وينتج عنه الذبول للنبات (Necrotrophs) متطفلات تؤدي حالا الى موت الانسجة اثناء مرورها بها كذلك هي قادرة بشكل مباشر على اصابة الاوعية الناقلة مما يؤدي الى قتل نسيج النبات .

5- النمو Growth :- التأثير المتباين للأمراض على العمليات الفسيولوجية للنبات (التركيب الضوئي والتنفس والنقل) ينتج عنه انخفاض في تجمع المادة الجافة ، ومستويات هرمونات النمو وهكذا فان تنظيم النمو يتسبب في تأثيرات عكسية مع التأثير على نمو النبات مثلا الاصابة الفايروسية تعمل على ضعف نمو النبات بدلا من قتله.

موت النبات Plant Death

بينما امراض معينة تعمل على خفض النمو، فان امراضا اخرى لها القابلية على تدمير كامل النبات او الجزء الاقتصادي المهم للمنتج . في حالة المسببات المرضية للحبوب فأنها توثر بشكل مباشر على اهم جزء من المحصول وهو الحاصل الاقتصادي وبذلك يكون المرض موثر جدا من خلال الاصابة بفطر الاركوت *Claviceps purpurea* على سبيل المثال .

الآفات الحشرية Insect Pests

الآفات الحشرية ذات تطبع واسع تنتمي الى رتبة الحيوانات اللافقرية (لها ارجل مفصلية وهيكل خارجي مقسم الى اجزاء ، جسمها ذات نصفين متناظرين) وتعود الحشرات الى شعبة Insecta (الحشرات الحقيقية) والعنكبوتيات والحلم والحشرات الحقيقية تكونان احد اهم الآفات التي تؤثر في انتاج المحاصيل الحقلية اذ ان حوالي 80% من انواع الحيوانات (الحياة الحيوانية) هي حشرات بعض منها سبب اضرار مباشرة لنباتات المحاصيل او تعمل على نقل المسببات المرضية . حوالي 600 نوعا من الحشرات تعد افات محاصيل . ومن رتب الحشرات المهمة في انتاج المحاصيل هي :-

رتبه حرشفيه الاجنحة Lepidoptera وغمدية الاجنحة Coleoptera وغشائية الاجنحة Hymenoptera وثنائيه الاجنحة Diptera وذات الذنب القافز Thysanoptera وعائلة المن Aphidiae وعائلة البق الحقيقي Pseudococcidae وعائلة قفازات الاشجارCicadellidae . ومن الأمثلة على الآفات المهمة لهذه الرتب (مذكورة في جدول 12 - 1)

تصنف الحشرات بطرق مختلفة على سبيل المثال تصنف اما اعتمادا على دورة حياتها او طبيعة تغذيتها .

دورة الحياة Life cycle

على قاعدة التحول (الاستحالة) metamorphosis وهي العمليات التي تتحول فيها اية حشرة وتمر بمراحل تطور من خلالها . على اساس هذا التصنيف فأن الحشرات تصنف الى اربعة فئات هي :-

1. غيـر متحولــة No metamorphosis :- هـذه الحشـرات تولـد بالغـة صـغيرة (الحشرة الحديثة تشبه الحشرة البالغة) هذا النوع من التحول يحدث فـي رتبـة هدبيـة الاجنحة Thysanuraورتبة ذات الذنب القافز Collempola.

جدول 1.12. رتب الحشرات المهمة في انتاج المحاصيل

ت	الرتبة Order	الامثلة / والاضرار التي تسببها
1	ذات الذنب الشعري Thysanura	حشرة السمك الفضي
2	ذوات الذنب القافز collembola	حشرة الذنب القافز (عوائل عده تضرر البادرات والسيقان)
3	مستقيمة الاجنحة Othoptera	الصراصر، قفاز الحشائش ،الجراد (تعمل على تحطيم الجذور او الاوراق)
4	الشبحيات phasmida	الحشرات العصوية والحشرات الورقية (تسقط النباتات)
5	متساوية الاجنحة lsoptera	النمل الابيض والارضه (تحطم البذور)
6	تحت رتبة متشابهة الاجنحة suborder Homoptera	قفازات الاوراق ، الذبابه البيضاء، المن ،البق ،الحرشفية الناعمة ، الحرشفية المصفحة (كلها حشرات ثاقبة ماصة)
7	تحت رتبة متباينة الاجنحة suborder heteropter	البعوض ، البق اللاسع ، البق المغطى (كلها حشرات ثاقبة ماصة)
8	هدبية الاجنحة Thysanoptera	التربس (تسبب التفاف الورقة)
9	غمدية الاجنحة Coleoptera	الخنافس قضم ومضغ باجزاء الفم
10	ثنائية الاجنحة Diptera	الطائرة ،البرغش ، طائرات الثمار (اليرقة وليس الكاملة هي الافة ،تحطم اجزاء النبات)
11	حرشفية الاجنحة Lepidoptera	نفق الاوراق ،ثاقبة الساق ،اللاسعة ،الجرارات ،الديدان المسلحة ،الديدان القاطعه ،الفراشات (فقط اليرقه مدمرة للنبات ،تحطم الاوراق والسيقان والاجزاء الاخرى)
12	غشائية الاجنحة Hymenoptera	النمل والزنابير(اليرقة تحطم الاوراق)
13	الحلم والقرادAcarina	الحلم والقراد (ثاقبة ماصة)

2. التحـول – الاستحالة التدريجيـة Gradual metamorphosis :- الحديثـة منهـا تدعى (حوريـات nymps) ولاتملك أي ميزة من البالغات . رتـب الحشرات لهذا النـوع المتحـول تتضـمن متشـابهة الاجنحــة homopetra ، متســاوية الاجنحــة isopetra ومستقيمة الاجنحة orthopetra مثل القفازات والمن .

3. التحــول (الاســتحالة) غيــر الكاملــة Incomplete metamorphosis :- الحشرات الحديثة يتحول شكلها تدريجيا من حورية الماء naiad الى البالغة كما في رتبة الرعاشات Odonata .

4. التحـول (الانسـلاخ) الكامـل Complete metamorphosis:- دورة الحيـاة لهذه الحشرات تقسم الى اربعة مراحل متميزة (واضحة) تسمى :-

البيضة ←Egg اليرقة ← Larvaعذراء pupa ← بالغة Adult

امثلة على الرتب الحشرات من هذا النوع (المنسلخة) تتضمن :-

رتبة غشائية الاجنحة Hymenoptera وحرشفية الاجنحة Lepidoptera وثنائية الاجنحة diptera . من امثلة هذه الحشرات الفراشة ، ذبابة المنزل و النحل . اكثر الاطوار ضررا لهذه الحشرات هي اليرقة Larva (الجرارة Caterpillar) والبالغة Adult .

طبيعة التغذية Feeding Habits

بالاعتمـاد علــى طبيعــة (سـلوك) التغذيــة . تصـنف الآفـات الحشـرية الــى ماضــغة chewing وماصة sucking او ثاقبة piereing وكما يلي :-

1. **الحشـرات الماضـغة Chewing insects :-** الحشـرات الماضـغة لهـا اجـزاء فـم ماضـغة حيـث تعمـل علـى المضـغ اثنـاء التغذيـة . طـور اليرقـة الكامـل للحشـرات

والخنافس البالغة والحشرات الحفازة تكون ماضغة وتظهر علامات مضخ الحشرات على النباتات المصابة بهيئة ثقوب او انفاق او تساقط او اثار تغذية على الجذور .

2. **الحشرات الثاقبة الماصة Sucking and piercing insects** هذه الحشرات تثقب نسيج النبات وتمتص العصارة اثناء التغذية تشمل حشرات المن والثربس وثاقبة الاوراق والمعروف عن هذه الحشرات انها صغيرة الحجم ، حتى انها قد تكون مجهرية دقيقة خلال عمليات التغذية ربما تفرز سموم في النبات . هذه الحشرات تهاجم اعضاء النباتات مما ينتجم عنها اعراض كالورقة الملتفة او المتجعدة او النموات غير الطبيعية (تضخم) يسمى (gall) .

الحشرات تضر النبات طبيعيا Insect Damage Plant Physically

تؤثر الحشرات بطريقة غير مباشرة في التركيب الضوئي بسبب تقليل المساحة الورقية من خلال تساقط الاوراق . بذلك سينخفض التركيب الضوئي ويتبعه انخفاض النمو والحاصل . الحشرات الماضغة مثل الديدان القاطعه تقلل المحصول القائم (المتأسس) بوساطة قتل النباتات وبذلك تقلل عدد النباتات في وحدة المساحة . وبالتالي ينخفض الحاصل النهائي في نهاية الموسم . تستمر الحشرات بالضرر في المخازن على الحبوب ومنتجات المحاصيل الاخرى . الحشرات ذات التغذية على الجذور (مثل ديدان الارض والنمل الابيض الرفيعة) يمكنها قتل النباتات من منطقة سطح الارض تعمل الحشرات كذلك كحاملة او ناقلة للأمراض .

آفات المحاصيل الاخرى Other Crop Pests

الآفات الاخرى التي تسبب اضرار (كوارث) للمحاصيل تتضمن اصناف الحلم mites والفقريات vertebrates وافات المخازن .

1- الحلم Mites :- الحلم ينتمي الى رتبة Acrina وهي تتكاثر بسرعة عالية جدا وباستمرار . الحلم العنكبوتية Paramychus , Tetranychus , Bryobia praetiosa آفات مهمه لكلا محاصيل الحقل ومنتجات المحاصيل المخزونة في البيوت اوالمخازن .

2- الفقريات Vertebrates :- تضم مجموعتين من الفقريات هي الطيور Birds واللبائن Mammals . تعد افات مهمة على نباتات المحاصيل ، اذ تعد الطيور من الآفات المهمة على الحبوبيات وتحدث اضرارا فادحة في نهاية دورة انتاج المحصول . الطيور ربما تأكل كلا من البذور الناضجة وغير الناضجة . اللبائن الصغيرة (القوارض rodents) تسبب اضرارا لمحاصيل الحقل ، اما بالتغذي على البذور المزروعة او اضرار الحبوب الناضجة او النباتات او المنتجات الاخرى .

آفات المخازن Storage pests

آفات المخازن واهميتها سيتم مناقشتها في الفصل السادس عشر (الحصاد والخزن)

النيماتودا احيانا تعيش متطفلة في النباتات

Nematodes sometimes live parasitically in plants

ربما تعيش النيماتودا ، متطفلة على النباتات الحية والحيوانات ، النيماتودا المتطفل على النباتات مجهرية وغالبا ما تقطن التربة بعضها طفيلي خارجي ectoparasites (تمكث في التربة) بينما الاخرى طفيلي داخلي endoparasites (تدخل جذور النباتات والدرنات والابصال وغيرها) نيماتودا قليله لها القابلية على اصابة الاوراق (نيماتودا ورقية Foliar nematodes) . الجذور المصابة تظهر عليها العقد او تقرحات . درنات وجذور المحاصيل الجذرية تكون مشوهة malformed يحدث نقص في اخذ المغذيات والماء من قبل الجذر المصاب بالنيماتودا لذلك فالنباتات

المصابة يظهر عليها علامات الشد الرطوبي او نقص المغذيات ، اضافه الى خفض حاصل المحصول تستخدم الكيميائيات او الاصناف المقاومة لمكافحة النيماتودا .هناك نوعين من النيماتودا.

1- **نيماتودا العقد الجذرية Root Knot Nematodes :-** اغلب النباتات المزروعة تكون حساسة لنيماتودا العقد الجذرية . النباتات المصابة تظهر عليها العقد او التقرحات عند نقاط الاصابة . هذه الانتفاخات او العقد تكون غير منتظمة وسهلة التمييز عن عقد الرايزوبيا في جذور البقوليات عند اصابة جذور ودرنات المحاصيل بالنيماتودا فأنها تكون مشوهه . كما وجد ان تطور الاصابة بالمسببات المرضية في التربة مثل Pythium و Rhizoctonia يزداد من خلالها تكون اورام النيماتودا .

2- **النيماتودا المتكيسة Cyst Nematodes :-** النيماتودا المتكيسة تعمل اكياسا على الجذور . ومن اهمها في انتاج المحاصيل هي Heterodera, Glabodera فمثلا *Glabodera rostochiensis* تصيب البطاطا بشكل خاص وكذلك الطماطة والباذنجان *Heterodera glycines* تصيب فول الصويا *Heterodera avera*، *Heterodera trifolii* تصيب الحبوبيات والبرسيم بالتتابع

مسببات غير مرضية تسبب امراضا للنبات

Non-Pathogenic Causes of Plant Disease

كيف تؤثر بيئات مختلفة على فيسيولوجيا المحصول؟ ومن ثم تؤثر في انتاج المحصول؟

بعض الامراض توصف بانها لا تتسب بوساطة مسبب مرضي معين ولكن بوساطة عوامل طبيعية في محيط النبات . النباتات التي تنمو في المناطق البرية تكون ذات تطبع افضل لبيئات مختلفة . الانتاج الحديث للمحاصيل يتطلب زراعة المحاصيل

تحت ظروف زراعية مصطنعة . وبسبب ان المزارع يكون قادرا على التحكم بظروف النمو من خلال تطبيق التقانات المختلفة مثل الري والتسميد والحراثة ومبيدات الآفات وغيرها وغالبا ما تزرع المحاصيل في مناطق تكون اقل مثالية ولذلك فان المحاصيل الحديثة تكون اكثر عرضة لتقلبات الطقس من الانواع البرية . وان اي خلل في درجات الحرارة والماء والضوء والمغذيات وغيرها عن تلك التي نحتاجها المحاصيل المزروعة سينتج عنها اعراض على نباتات المحاصيل تشبه العلامات المرضية وهي طبعا تكون غير معدية وغير انتقالية ومن العوامل المحيطة الرئيسة التي تسبب اعراضا مرضية هي :-

1- درجة الحرارة Temperature :- افضل مدى لدرجة الحرارة لنمو النبات هي 15- 30 م^0. فالنباتات ثنائيه الحول (المحولة) والاجزاء النباتية التي تبقى على مدى الشتاء ومدى الصيف تستطيع ان تتحمل (تصمد) تحت انخفاض كبير او ارتفاع عال لدرجات الحرارة اعلى او اقل من المدى المحدد.تختلف انواع النباتات في قابليتها على تحمل درجات الحرارة القصوى اضافه الى ان عمر النبات (بادره او نبات كامل) تختلف في استجابتها لدرجات الحرارة او لكل مرحلة نمو او عمر له درجات حراره مفضلة كما ان اجزاء النبات الواحد تختلف في حساسيتها لتباين البيئات فالبراعم والازهار تكون اكثر تأثرا من باقي اجزاء النبات. درجات الحرارة العالية تنتج امراض نباتيه مثل ضربة الشمس (Sunscald injuries) **.** بعض اجزاء النبات مثل الاوراق والثمار التي تتعرض الى شدة عالية من اشعه الشمس ربما تصبح عديمة اللون او جافة او تكون فيها تقرحات او فقاقيع . محاصيل الموسم الدافئ (مثل الذرة الصفراء والفاصوليا) تكون حساسة لانخفاض درجات الحرارة . في البطاطا درجات الحرارة المنخفضة تسبب التحلل المائي للنشا الى سكريات وهذا يقود الى الكرمله (Caramelization) و الحلاوة المفرطة . الانجماد يسبب انواعا مختلفة من الاضرار فالنموات الحديثة والازهار والبراعم والقمم المرستيمية تموت تحت ظروف الانجماد.

2- الرطوبة Moisture :- رطوبة التربة غير الملائمة اضافة الى رطوبـة الجو تعد من محددات نمو نباتات المحاصيل . رطوبة التربة المنخفضة تجعل اوراق النباتات ميالـه الـى الذبول . كما ينخفض امتصاص المغذيات تحت ظروف الجفاف . وقد يقود ذلك الى سقوط الاوراق او موتها وبذلك ينخفض سطح التركيب الضوئي . ان امتلاء الحبوب او الثمار سوف تتأثر وبشكل متباين ونمو النباتات سيكون بطيئا ويصبح ضعيفا . ان رطوبة الجو المنخفضة تشجع على زيادة النتح وفقد الرطوبة من الثمار مؤدية الى تجعدها . النباتات ربما تذبل بينما الثمار تفقد الماء وتتجعد وتتصلب في الجو الجاف . ان ظروف الغمر بالماء سواء بسبب الري الزائد او الامطار الغزيرة المتكررة تسبب ظروفا غير هوائية في التربة . ثم تدهور الجذور واختناقها في بعض الحالات كما تسبب الرطوبة الزائدة تعفن الجذور والاوراق والسيقان والثمار .

3- الهـواء Air :- الغمر المائي يقلل من هواء التربة (يقود الى نقص الاوكسجين). مرض القلب في البطاطا يتسبب عن زيادة النفس تحت ظروف الحرارة العالية التي تقود الى نقص الاوكسجين وفسلجة غير طبقية كما ان تلوث الهواء من مصادر صناعية ومصادر خارجية اخرى تكون مضرة بالنباتات . اضرار الاوزون ظهرت في البطاطا وفول الصويا والتبغ والحنطة ومحاصيل اخرى الاعراض الشائعة الناجمة عن اضرار التلوث تتضمن ، تبقع الاوراق ، الاصفرار ، التبرقش وبرونزية اللون .

4- نقص المغذيات والسمية :- تم التطرق اليها في فصل التغذية .

5- اضرار مبيدات الاعشاب :- تم التطرق اليها في فصل الادغال .

اسس ادارة الافة Principles of pest management

كيف يستطيع منتجي المحاصيل ادارة الآفات لتصبح مشاريعهم مربحه؟

ادارة الآفات يمكن تطبيقها طرائق بعدة اما مجزأة او متكاملة . هذه الطرائق اما ان تكون احيائية او كيميائية او فيزيائية ، (ميكانيكية) او زراعية . ان افضل خطه اداريه او استراتيجية هي تلك التي تتضمن واحده او اكثر من هذه الطرائق . الاستراتيجيات لأفضل ادارة في أي نظام بيئي زراعي يمكن ان توصف بما يلي : حصر exclusion ، استئصال eradication ، وقاية protection ، مقاومة resistance ، عدم حدوث no action.

1. **الحصر Exclusion:-** هذه الاستراتيجية تتضمن ابعاد المسبب عن الكائنات الحية (مسبب مرضي ، حشرة وغيرها) بالسعي بان لا تتواجد في منطقة العمل الزراعي . بتطبيق الحجر الصحي (quarantine) . وتشريع قوانين حصر استيراد وتصدير المواد الحيه التي تساعد في منع دخول الآفات الى البلد من ثم الحقل.

2. **الاستئصال Eraicadtion:-** أي مسبب يمكن منعه من الانتشار ، ثم انخفاض مجتمعاته واخيرا ينبذ ويستأصل من موقعه .

3. **الوقاية Protection :-** هذه تأخذ بنظر الاعتبار المسبب المرضي (الافة) والعائل الحساس اضافة الى البيئة الملائمة لحدوث المرض . استراتيجية واحدة لإدارة الافة تعمل على منع التماس بين العائل والمسبب المرضي كفيلة بخفض مجتمع الافة .

4. **المقاومة Resistance :-** منذ ان اصبح لمقاومة الافة قواعد وراثية . تمكن مربوا النبات من استحداث المقاومة في اصناف زراعية معينة للآفات الزراعية وهذه الاستراتيجية ايضا تعمل على خفض مجتمع الافة .

5. **عدم حدوث No action**:- بسبب قاعدة المعلومات حول حياتية الافة والعوامل الاخرى . ربما لا تكون الافة مؤثرة فلا تحتاج الى تطبيق اية استراتيجية ادارية وهذه الحالة عادة تكون للآفات الثانوية (غير الهامة) مثل الآفات غير الاقتصادية على المحصول .

مهاجمة الافه يمكن ان تقلل عن طريق استراتيجيات معينة

Pest attack may be prevented by employing certain strategies

الوقاية خير من العلاج ! منذ ان اصبحت مكافحة الآفات تزيد من كلفة الانتاج . فان من الافضل الوقاية من مهاجمتها قبل حدوث الاصابة . بعض الاستراتيجيات الوقائية الفعالة هي ما يأتي :-

1- زراعة اصناف متأقلمة Use adapted cultivars :- ظروف الطقس هي التي تحدد نباتات المحصول المتأقلمة . النباتات المتأقلمة لها احتمالية اقل بالنسبة للإصابة بالمرض والآفات الحشرية .

2- زراعة اصناف مقاومة Use resistance cultivars :- عندما يكون المرض والحشرة مشكلة . فان استعمال اصناف مقاومة تقلل من تأثير الافة على انتاج المحصول .

3- زراعة بذور عالية النوعية plant high-quality seed:- يجب على المنتج ان يزرع بذور من مجهز حسن السمعة أي بذور ذات نوعية جيدة تعزز سرعة تأسيس المحصول. فهذه البذور يجب ان لا تكون ملوثة ببذور الادغال او بذور مصابة .

4- تحضير مهد بذره او محيط نمو ملائم Prepare seedbed or growing medium properly :- في الانتاج الحقلي فان عمليات الحراثة يجب ان تحقق

ازالة الادغال التي تعرض البادرات للخطر في المراحل المبكرة من النمو . عند الانتاج في البيوت الزجاجية يجب تعقيم التربة او مكان النمو ضد الآفات التي تنتقل عن طريق التربة .

5- الزراعة في الوقت المناسب Plant at the best time: درجة حرارة التربة يجب ان تكون ملائمة للزراعة . بالإضافة الى تجنب تسبب تعفن البذور. فالمنتج يمكن ان يزرع مبكرا او متأخرا ليجعل المحصول يتخلص من المرض او الاصابة بالأفة .

6- تجهيز تغذية كافية Provide adequate nutrition:- النباتات الصحية لها القابلية على مقاومة مهاجمة الافه ، افضل كثيرا من النباتات الضعيفة التغذية .

7- ملاحظة الصحة العامة الجيدة Observe good sanitation:- للحصول على صحة عامة جيده في الانتاج يجب تقليل المخلفات النباتية المتبقية في التربة بعد الحصاد . اما في البيوت الزجاجية فان الترب المعقمة والتنظيف والادوات غير مصابة . تعد ستراتيجية مهمة لتقليل الامراض والآفات في الداخل .

8- ازالة الادغال Remove weeds:- الحرص على عدم تواجد نباتات الادغال بصورة مباشرة مع نباتات المحصول لكونها قد تكون ملجا للآفات .

9- تجنب الظروف التي ربما تؤدي الى احداث ظروف موقعية تكون ملائمة لإحداث المرض او انتشار الافة هذه الظروف مثل : الرطوبة العالية ، اضاءة غير ملائمة، تهوية ضعيفة ودرجات حرارة عالية وزيادة المغذيات ....الخ .

تصميم استراتيجية ادارة للافه تتضمن اعتبارات معينة

Desiging a Pest Management Strategy lnvolves Certain Consideration

هنـــاك اعتبـــارات وقـــرارات معينـــة فـــي التصـــميم الاداري الاســـتراتيجي . فالاستراتيجية الجيدة لإدارة الافة هي التي تكون مؤثرة وغير مكلفة (رخيصة) وامينة للنبات والبيئة وصحية لمستهلكي المنتجات. كما عرفنا فان حدوث المرض يعتمد على ثلاث عوامل هي الكائن الحي والمسبب والعائل الحساس والبيئة في مكافحة الافة في مراحل دورة الحياة الملائمة ، وقبل ان تعمل على تحطيم النبات او تؤثر في انتاجه الاقتصادي . كما يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار طبيعة التغذية للكائن الحي الممرض (هل هي ماصة ام قاضمة) فيما يخص النبات. استراتيجية الإدارة يجب ان تأخذ بنظر الاعتبار المرحلة (نباتات فتية ام كاملة) كيف تكون سرعة التأثر بالأفة ويجب ان يركز المنتج على الجزء الاقتصادي من النبات وهل ان المسبب المرضي او الحشرة مؤثرة او غير مؤثرة بالنسبة للمنتج . فيما يخص البيئة يجب تحديد اية ظروف بيئية ملائمة لتطبيق استراتيجية الادارة منها : ظروف الطقس (الرياح والامطار ودرجات الحرارة) . لأجل اتخاذ قرار متى يكون تطبيق الادارة هو الافضل يجب ان تتوفر لدى المنتجين او المهتمين المعلومات الاتية

1. **كثافة مجتمع الافة density of pest population** :- كثافة مجتمع الافة تحدد بطريقة اخذ العينات اللازمة من مجتمعاتها بحيث تكون العينة ممثلة لهذا المجتمع . ان عملية اخذ العينات للآفة تعد عملية تحدي بسبب طبيعة انتشار الافة غير المتجانس ونموها بهيئة مجاميع وذلك يعود الى ان الافة تضع بيوضها بهيئة مجاميع او عناقيد وتنحو منحنى الاحياء الدقيقة في تجمعها عند توفر الظروف الملائمة في الحقل . في المسببات المرضية الناجمة عن الاحياء الدقيقة يجب ان تجري عمليات الفحص باستعمال المجهر وتشخيص السلالات المتخصصة بالمرض . بعض الاحيان (في حالة الحشرات الكبيرة) . الآفات يمكن عدها في

وحالات اخرى يمكن الاعتماد على طبيعة سطح النبات المتأثر (المغطى والمتضرر) لتقويم كثافة الافة .

2. **تقدير الضرر المتوقع للمحصول Estimate of Expected Crop Damage:-** عموما ينخفض الحاصل مع زيادة كثافة مجتمع الافة الذي يؤدي الى الفقد بالحاصل وهذا هو عتبة (بداية) الضرر (damage threshold) فعندما يكون الجزء الاقتصادي هو الورقة مثل التبغ فان تضرر الورقة او سقوطها لا يطاق . في محاصيل الحبوب او البقول مثل فول الصويا فان تساقط او تضرر 20% او اكثر من البذور يكون غير مقبولا .

3. **اقتصادية الاستراتيجية الادارية يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار Economic of Management Strategy Being Considered** :- يحتاج المنتج الى حساب الكلفة الاقتصادية لعناصر استراتيجية الإدارة مقابل العائد المتوقع (مثل المردود الاقتصادي المتوقع من الحاصل) . الكلفة هي تحليل الفائدة الحرجة في ادارة الافة . فيجب ان تعمل الاستراتيجية على منع مجتمع الافة من الوصول الى مستوى الضرر الاقتصادي . وعندما يتعرض الحقل الى اكثر من افة فانه يعمل على جدولة هذه الآفات من الاكثر ضرا الى الادنى ويبدا بالمعالجة حسب الاولوية

طرائق ادارة الآفات Methods of Pest Management

تدار الآفات في انتاج المحاصيل بوساطة واحده من خمسة طرائق رئيسية :- احيائية (Biological) ، تشريعية (Legeslative) ، كيميائية (Chemical) ، فيزيائية / ميكانيكية (Physical / mechanical) وزراعية (Cultural).

ادارة الافه احيائيا Biological pest Management

ادارة الافة بيولوجيا (المكافحة الاحيائية للآفة) : هو استعمال الكائنات الحية لمواجهة مجتمع لكائنات حية اخرى . وتعد هذه اقدم الطرائق لإدارة الافة . وهذه الادارة تعتمد على الاسس البيئية للتطفل والضراوة وان أي كائن حي يكون له اعداء طبيعيين .يعني ان هناك مجتمع سائد لكائن حي على المجتمعات الاخرى . الهدف من ذلك هو ابقاء مجتمع الافة بمستوى ادنى من ان يسبب الضرر على المحاصيل .

ستراتيجيات ادارة الافة احيائيا

Strategies of Biological pest Management

منتجو المحاصيل ربما يستثمرون ويديرون اليات دفاع طبيعية معينة للنباتات للسيطرة على الآفات ومنها :-

1. **التطفلParasitism:-** سوسة الجت هي المضيف للدبور *Microstomus aethipoides* ، الذي يدخل الى داخلها ويحطم السوسه في النهاية . هناك نوع من النيماتودا يتم التطفل عليه بوساطة فطر (مثل *Catenaria auxilianis*) .
2. **العلاقة بين الفريسة والمفترس Prey – Predation Relationship :-** تتغذى المفترسات على كائنات حيه اخرى (فريسه) .طيور معروفه تفترس حشرات وقوارض كذلك خنافس مفترسه على المن
3. **التركيب Structural :-** نباتات معروفة لها ميزات تشريحية (مثل طبقة كيوتكل سميك او مزغبة) تعترض التغذية وتبعد الافة . الحشرات الماصة غير قادرة على اختراق طبقة الكيوتكل السميك . بينما الزغب يعرقل وضع البيض من قبل حشرات معروفة .

4. **كيميائيا Chemicals:-** مستخلصات نباتية معينة لها عمل المبيدات الحشرية على سبيل المثال مادة Pyrethrum من الداودي والنيكوتين من التبغ . هذه السموم لا تشجع الحشرات على التغذية منها .

5. **الفايتوالكسين phytoallexins:-** هي كيميائيات تنضح من بعض النباتات عندما تتعرض للجروح . وهذه الكيميائيات تفعل كسموم ضد حشرات او مسببات مرضية

6. **طاردات Repellents :-** نباتات مثل الثوم والبصل لها رائحة قوية تعمل على صد (طرد) المن ، يماثلها نبات الاذريون (Marigold) .

7. **نباتات المصيدة Trap plant(مضيف بديل) :-** الآفات لها تفضيلات للنباتات المضيفة على سبيل المثال الرخويات تفضل الخس على الاقحوان لذلك في انتاج الاقحوان ربما يزرع الخس في الحقل كنبات شرك (decoy) او نبات مصيدة Trap في زراعة الفاصوليا فان زراعة الذرة الصفراء حول الحقل تطرد الذبابة البيضاء بعيدا عن محصول الفاصوليا وبكسب الوقت (تأخير الوصول) فان المن يصل الى نباتات الفاصوليا وقد فقد كثيرا من الاصابة الفايروسية التي يحملها . كذلك زراعة السلق حول البيوت البلاستيكية للخضر .

8. **المكافحة الاحيائية Biocontrol :-** قبل خزن الثمار تعامل بمعلق من بكتريا *Bacillus subtilis* لتأخير العفن البني المتسبب بوساطة فطريات *Monilinia fruiticole* .

9. **الرش بالأحياء الدقيقة** :- الرش بـ *Bacillus، thuringiensis* المحضرة صناعيا على شكل رذاذ لمكافحة الدودة القارضة والثاقبة للذرة الصفراء وحشرات اخرى .

10. **استعمال الاصناف المقاومة Use of Resistant Cultivars:-** منتجي المحاصيل ربما يستعملون اصناف مقاومة ضد الامراض والآفات الاخرى .

مزايا الادارة الاحيائية

Advantages of Biological Pest Management

1. اكثر امانا للتطبيق .
2. الاصناف المقاومة ارخص من مبيدات الآفات .
3. الكيميائيات مضرة للمستعمل وللبيئة عموما .

مساوئ الادارة الاحيائية للآفات Disadvantages of .Bio.p.man

1. المعالجة بالكائنات الحية اكثر صعوبة من استعمال الكيميائيات .
2. الجاهزية وتطبيقات المكافحة الاحيائية تكون محدودة ولعدد قليل نسبيا من انواع المحاصيل .

ادارة الآفات زراعيا Cultural Pest Management

يتلاعب منتجوا المحاصيل بالطرائق التي تزرع فيها النباتات لإدارة الافه في الحقل. وهذه يمكن انجازها بطرق عدة :-

1. **الدورة المحصولية Crop rotation:-** الدورة المحصولية هي انتاج محاصيل مختلفة في نفس قطعة الارض في دورة محددة مسبقا . فمثلا لاتعاد زراعة المحصول بنفس قطعة الارض التي زرع بها في الموسم السابق لمنع الآفات من الاستيطان ومهاجمة المحصول مرة اخرى لاسيما النيماتودا .
2. **النظام الصحي Sanitation**:- المسببات المرضية والآفات الاخرى تبقى على مدى الشتاء او مدى الصيف في مخلفات النباتات . فيجب ان تحرق المتبقيات النباتية وتحول الى رماد او تعالج عن طريق التخمير وتحويلها الى دمن عضوي .

3. **استخدام الاصناف المقاومة** :- يقوم مربوا النبات بتربية اصناف تقاوم افات محصولية عدة .

4. **التغطية Mulching:-** اضافة التغطية البلاستيكية التي تعمل كتجميع لحرارة التربة . ربما تستعمل هذه لتعقيم الحقل فالحرارة الناتجة تقتل المسببات المرضية والادغال النامية في التربة .

5. **استئصال العائل Host irradication :-** هذه استراتيجية تطبق لاستباق انتشار المرض وعلى نطاق صغير . النباتات المصابة يجب ازالتها من الحقل وعلى نطاق الاصابة الشديدة فان ايقاف المرض يتم بتدمير كامل المحصول في المنطقة التي فيها حساسا للإصابة .

6. **موعد الزراعة Planting time :-** هناك افات محدودة تظهر متأخرة في موسم النمو فالزراعة المبكرة تساعد المحصول في التخلص من الاصابة بها .

7. **تفاعل التربة Soil reaction :-** اضافة الجبس لزيادة pH التربة يساعد في مكافحة مسببات فطرية معروفة . بينما pH المنخفض يساعد على مكافحة جرب البطاطا.

8. **البزل Drainge :-** افات محدودة (مثل النيماتودا) تفضل ظروف رطبة . فالصرف (التجفيف) يحسن التهوية و يمنع انتشار الامراض الناتجة عن نقص الاوكسجين.

9. **المسافات الواسعة Wider spacing:-** المسافات الواسعة تحسن دورة الهواء حول النباتات وتقلل الرطوبة التي تحدث في الجو التي تدعم ادامة المسببات المرضية .

ادارة الآفات فيزيائيا / ميكانيكيا

Physical / Mechanical Pest Management

1. **مصائد ميكانيكية Mechanical traps:-** المصائد ربما تعمل على مسك الحيوانات الفقرية الكبيرة مثل القوارض ، بينما الماسكات الطائرة تعمل على صيد الحشرات في البيوت الزجاجية .

2. **اللقط اليدوي Hand picking** :- على نطاق صغير في عمليات انتاج المحاصيل تم التقاط اليرقات والحشرات الكبيرة من النباتات ويتم التخلص منها .

3. **حواجز (عوائق) Barriers:-** الحواجز الميكانيكية مثل الاسيجة والشباك والاقمشة واحزمة الاشجار تستخدم لتبعد افات معينة عن نباتات المحصول .

4. **الحراثة Tillage:-** الحراثة تنقل الآفات الى سطح التربة مما يعرضها الى ظروف غير ملائمة لبقائها ومن ثم القضاء عليها .

5. **المعاملة الحرارية Heat treatment :-** الاشعاع (في الحقل) والتعقيم (في البيوت الزجاجية) ، مع استخدام الحرارة لمكافحة المسببات المرضية في التربة .

6. **الاشعاع Radiation:-** الاشعة فوق البنفسجية تستخدم لتعقيم البيوت الزجاجية والمغلقة الاخرى . اشعة كاما تستخدم لإطالة امد فترة الخزن(الحفظ) للمنتج في المخزن .

ادارة الآفات كيمائيا Chemical pest Management

تستعمل الكيميائيات لإدارة الآفات التي تسمى مبيدات الآفات وهي مصممة للقتل عند ملامسة الافه للسم . من هنا جاءت الكلمة المضافة (السم Cide) الى الاسم

التصنيف Classification

تصنف مبيدات الآفات بطرائق عدة :- حسب الافة المستهدفة target pest ، نوع المادة type of material ، التركيب الكيمائي chemical structure ، والية التأثير mode of action والتوليفة (التركيبة) formulation

1. **الافة المستهدفة Target pest :-** هناك مبيدات تستهدف الآفات وهناك مبيدات تستهدف الامراض وهناك مبيدات تستهدف الحشرات.

المبيدات التي تستعمل لإدارة (مكافحة) النباتات غير المرغوبة تسمى (الادغال) عموما مبيدات الاعشاب herbicide والمبيدات التي تستعمل لإدارة الآفات الحيوانية عموما تصنف حسب الفئة الحيوانية المستهدفة :-

- مبيدات حشرية للحشرات Insecticides
- مبيدات فطرية للفطريات Fungicides
- مبيدات ديدانية للنيماتودا Nematicides
- مبيدات قوارض:- للقوارض Rodenticides
- مبيدات رخويات:- للرخويات Molluscides
- مبيدات العث:- للعث Miticides
- مبيدات الطيور :- للطيور Aviacides
- مبيدات بكتيرية :- للبكتريا Bacteriacides

2. **نوع المادة Type of material :-** مبيدات الآفات ربما تطور من منتجات طبيعية مستخلصة من النباتات (مثل البايرثيرم pyrethrum والنيكوتين

nicotine) او تطور من كائنات حية اخرى او ربما تطور من مركبات صناعية او منتجات تركيبية .

3. **التركيب الكيمائي للمركب Chemical structure of the compound**
اعتمادا على المادة الفعالة ربما تصنف مبيدات الآفات الى مبيدات عضوية organic او لا عضوية inorganic . المبيدات العضوية تكون فعالة ضد طيف واسع من الحشرات والآفات الاخرى . مركبات الكلور العضوية لا تتحلل بسهولة وقد يستمر وجودها في السلسلة الغذائية ، مثل DDT والكلوردين Chlordane ولندان Lindane . اما مركبات الفسفور العضوية فلها اثر متبقي اقصر عمرا في البيئة وهي اكثر امانا في الاستعمال مثل الملاثيون Malathion والديازينون Diazinon

4. **طريقة الدخول والفعل Mode of entry and action** :- المبيدات تقتل الآفات بطرائق عدة :-

أ- **فعل الملامسة Contact action**:- مبيدات الحشرات تقتل خلال الاتصال الفيزيائي مع الكائن الحي المستهدف مثل الملاثيون Malathion .

ب- **فعل المعدة (سم المعدة) Stomach action**:- هذا النوع من مبيدات الحشرات يقتل خلال الدخول الى المعدة وهي فعالة ضد الحشرات الماضغة مثل الجرارات والخنافس .

ت- **الفعل الجهازي Systemic action** :- المبيدات الحشرية الجهازية تكون مؤثرة على الحشرات الماضغة والماصة .عند اخذ المبيد مرة واحدة يتحرك السم داخل الكائن الحي ويؤدي الى قتله.

ث- **الفعل الطارد Repllent action**:- بعض المبيدات لا تقتل الآفات ولكنها تعمل على طردها بقوة .

ج- التبخير Fumigant:- هذه المبيدات تتصل مع الجهاز التنفسي للكائن الحي المستهدف.

5. الصيغة (الهيئة التركيبية) Formulation:- تحتوي مبيدات الآفات على مكون فعال مسؤول عن قتل الافة المستهدفة ، هذا المكون (العناصر) تختلط مع مادة خاملة معها احيانا هذه المادة تقلل السمية للمبيد وتجعله اكثر امانا للاستعمال والحمل . المبيدات اما ان تحضر على هيئة سائلة او جافة .

أ- **المستحضرات السائلة liquid formations :-** المستحضرات السائلة الشائعة للمبيدات تتضمن ما يأتي :-

- **الهباء الجوي Aerosols:-** وهذه لها تراكيز منخفضة للمادة الفعالة تدفع بواسطة الغاز المضغوط وتستخدم عادة داخليا indoore (الاماكن المغلقة) .
- **المركزات المستحلبة (القابلة للاستحلاب) Emulsifiable concentrates** يحتوي المبيد على مادة فعالة او مادة مستحلبة يتم حلها بالمذيبات البترولية وتحضر بتركيز عال وهذه تخفف بوساطة خلطها مع الماء قبل الاستعمال. وتستعمل بواسطة الرشاش (البخاخ) .
- **مسالة Flowables:-** هذه الكيميائيات عبارة عن معلقات دقيقة للمادة الفعالة .
- **المبخرات Fumigants:-** تحمل المادة الفعالة في سائل متطاير يضاف التبخير الى التربة او يستعمل في المخازن .
- **المحاليل والمحاليل المنخفضة الحجم جدا Solution and altra low volume solution:-** هذه الكيميائيات تذوب بشكل كامل في الماء

ب- **المستحضرات الجافة *Dry formulations*** الشائعة تتضمن ما يلي:

- **الطعوم Baits :-** تخلط المادة الفعالة مع الطعام او العلف تستعمل الطعوم عادة في المخازن او كمصائد للقوارض او اللبائن الاخرى في الحقل .

- **الاغبرة Dusts:-** تحمل المادة الفعالة في مساحيق دقيقة او طحين او بعض المواد الاخرى . مشكلة الغبار انه عرضة للانجراف بالرياح .

- **حبيبات Granules :-** تحضر على شكل حبيبات حجمية مثل مبيدات النيماتودا او تلك التي تستعمل في ادارة افات التربة .

- **المساحيق القابلة للبلل Wettable powders:-** تحضر هذه على شكل مسحوق دقيق ويتطلب خلطها مع الماء قبل الاضافة .

- **المواد المساعدة Adjuvants :-** مستحضرات مبيدات الآفات ربما تتضمن مركبات تساعد (تعزز) النشاط الاحيائي . هذه المركبات تدعى مساعدات نشطة activation adjuvants وتتضمن مواد مقللة للشد السطحي وزيوت الخضر وزيوت المحاصيل . هذه المضافات تحسن الاستحلاب والتشتت والانتشار والبلل وتحوير مواصفات سطح السائل . في بعض الاحيان تستعمل مركبات معروفة تدعى معدلة الرذاذ spray modifier تضاف الى محلول الرذاذ لأغراض مختلفة خلال عمليات الاضافة الحقلية .

سمية المبيدات Pesticide Toxicity

صنعت مبيدات الآفات للقتل لذلك يجب على المستعمل ان يحملها بانتباه شديد . والاشخاص الذين يعملون في هذا المجال يصنف عملهم بالخطير . تقاس سمية المبيد على اساس درجة سمية المبيد لأي كان حي تعتمد السمية على عوامل عدة . فالمبيدات المحضرة على شكل مركزات تكون اكثر سمية وكذلك الحبيبات . فضلا عن ان المبيدات ذات السمية المنخفضة تصبح خطرة جدا عندما تستخدم بتراكيز عالية . تكرار

الاستعمال والتجربة والعمل ربما تزيد او تقلل مستوى الخطر . تقاس السمية عادة بوساطة الجرعة المميتة للمادة الكيميائية والـ (LD_{50})Lethal Dose هي عبارة عن (ملغم من السم/ كغم وزن جسم) لأي كائن حي القابل لموت 50% من اعداد الكائن الحي تحت ظروف الاختبار . اعلى (LD_{50}) واقل سمية من المادة الكيميائية موضحة في جدول (12- 2) . المادة التي تعمل فعل القتل في تركيب المبيد تدعى المادة الفعالة وهذه قد تكون مركبات غير عضوية او مركبات عضوية طبيعية او مركبات اصطناعية .

جدول 2.12. قيم الجرعة المميتة (LD_{50}) لمبيدات منتخبة

ت	نوع المبيدات	اسم المبيد	LD50
1	مبيدات فطرية Fungicides	Captan	15.000 – 9.000
		Maneb	6.750 - 7.500
		Thiram	780
		Zineb	8,000
		PCNB	2.000 – 1.500
2	مبيدات الحشرات Insectcides	Carbaryl	850 - 500
		Dursban	279 - 97
		Malathion	1.375 – 1.000
		Pyrethrum	1.870 - 820
		Rotenone	75 – 50
3	مبيدات الاعشاب Herbicides	DCPA	3.000
		EPCT	1,600
		Simazine	5,000
		Oxyzalin	10,000

المصدر :تقرير (B-751) صادر عن جامعة ولاية مشيكان الامريكية - سلسلة العلوم الحقلية ، جامعة ولاية مشغان ، الخدمات الارشادية للجامعة .

اختيار واستعمال المبيدات بأمان

Choosing and using pesticides safely

هناك خطوات عامة محددة تتبع من قبل منتجي المحصول في عمليات اتخاذ القرار في ادارة الآفات :-

1. **الكشف Detection :-** الافة (المشكلة) هي اول ما تكتشف وهذه ربما يكون ملاحظتها بصريا (العين المجردة) او باختبارات اخرى . الكشف المبكر هو المفتاح المهم لنجاح المكافحة .

2. **التشخيص Identification :-** بعد ملاحظة المشكلة يجب على المنتج ان يحدد هل هي حشره ام مرض وهذه يمكن اجراؤها بمساعدة الخبراء او الهجمات الارشادية .

3. **الاحياء و السلوكيات Biology and habits** :- كما تم بيانه سابقا لكل كائن حي دورة حياة مع المرحلة التي يكون مضر للنبات . وهناك ايضا مراحل في دورة الحياة تكون فيها الافة اكثر ضعفا فمن المهم معرفة طبيعة تغذية الافة ثاقبة او ماضغة ، مصاصة وهكذا)

4. **الاهمية الاقتصادية Economic importance :-** من المهم معرفة التأثير الاقتصادي للآفة على انتاج المحصول فاذا لم يتم عبور المجتمع عتبة الضرر فهنا ربما لا يكون العمل اقتصاديا في تنفيذ مكافحة الافة .

5. اختيار طريقة المكافحة Choice of Control Method :- يجب اختيار الطريقة التي تكون اكثر فعالية واقتصادية وامينة وسهلة التطبيق مع تلوث اقل للبيئة .

6. الاضافة Application :- عند استعمال الكيميائيات يجب اضافتها بأفضل توليفه مع المستوى الصحيح ثم استعمال المعدات اللازمة والسليمة وبأفضل الظروف البيئية مع توقيت جيد للإضافة .

7. التقويم Evaluation :- يجب ان يقوم المنتج بعملية التقويم لتحديد هل يحتاج الى الاعادة ام لا فاذا كان اعادة الاضافة مطلوبا . من المحتمل ان يحتاج تحوير في المستويات المستعملة والوقت او أي عناصر اخرى من الاضافة السابق .

8. حفظ السجلات Record keeping :- من المهم حفظ سجلات جيدة لكافة عمليات الاضافة المبيدات . وهذه تفيدنا في حساب الكلفة او اية احتياجات اخرى مستقبلية

الاستخدام الامن للمبيدات

صممت المبيدات للقتل لذلك يجب ان تحمل بعناية طول الوقت وادناه بعض الخطوات التي يجب ملاحظتها لغرض التطبيق الامن للمبيدات.

1. اختيار المبيد الصحيح للعمل مع اختيار بديل اكثر امانا .
2. شراء الكمية التي نحتاجها للعمل فقط لتجنب الحاجة الى تخزين المتبقي .
3. قراءة التعليمات المثبتة على العبوة واتباع التعليمات بدقة .
4. لبس (ارتداء) معدات واقية .
5. لا تأكل وانت تحمل الكيميائيات
6. تضاف تحت افضل الظروف البيئية .

7. احفظها بعيدا عن الاطفال والحيوانات الاليفة .

8. تضاف بعناية وانتباه .

9. اعرف ماذا تعمل في حالة وقوع اية حادثة .

10. نظف معدات المكافحة بعد الانتهاء من التطبيق .

11. اخزن بصوره صحيحة اذا احتجت لذلك .

12. احذر من الاضافة قرب وقت حصاد المحصول .

طرائق اضافة المبيدات الحشرية

Methods of Application of Pesticides

من اجل تحقيق الهدف الذي ترش لاجله المبيدات لذا فان هناك طرائق عدة تتبع في عملية اضافة المبيد :-

1- رشا على الاوراق Foliar application :- ترش المبيدات الحشرية مباشرة على الاوراق لتدخل الى نسيج الورقة من خلال المسامات (الثغور)

2- معاملة التربة Soil treatment :- تضاف المبيدات مباشرة الى التربة وليس الى النبات مباشرة اذ يتم امتصاص السم من خلال الجذور اثناء عملية امتصاص الماء والمغذيات وغالبا ما تكون صيغ المبيدات المستعملة في التربة بشكل حبيبات .

3- معاملة البذور Seed treatment :- تعامل البذور عادة ليتم تغليفها بالمبيد قبل زراعتها وغالبا ما تسمى هذه العملية تعفير البذور Seed dressing وهي تستعمل غالبا لمعالجة او للسيطرة على الامراض الفطرية .

4- التبخير (التدخين) Fumigation : يتضمن التبخير استعمال الغازات او الدخان لمكافحة الحشرات وذلك في بيئات مغلقة . فالنيماتودا وفطريات التربة مثل Pythium غالبا ما تعالج بهذه الطريقة .

طرائق اضافة مبيدات الاعشاب

Methods of Herbicides Application

هناك طرائق عدة لإضافة مبيدات الاعشاب وذلك اعتمادا على المكان الذي يضاف فيه المبيد وطبيعة المشكلة الناجمة عن المبيد وخصائص المبيد والوسائل المستعملة في المكافحة وعوامل اخرى عدة . فالحبيبات تكون مناسبة لإضافتها بطريقة النثر ما في حالة كون الادغال بشكل شرائط فان الاضافة تكون بهيئة خطوط او شرائط . بعض النباتات تتعرض للكسر من خلال عملية المشي فوقها او يكون موقع الادغال في مكان يصعب الوصول اليه فان الاضافة في هذه الحالة تكون بهيئة بقع (spot Application) وفيما يأتي دليل عام للسيطرة الفعالة على الادغال :-

1- تحديد نوع الدغل بشكل صحيح .

2- تقييم مستوى الاصابة للدغل .

3- اختيار المبيد المناسب لنوع الدغل الموجود .

4- الاضافة في الوقت الصحيح .

5- اضافة الجرعة الصحيحة .

6- معالجة كافية لمنطقة المكافحة .

7- الاخذ بنظر الاعتبار العوامل الجوية (لا توجد امطار ولاتوجد رياح شديدة) .

8- الاخذ بنظر الاعتبار عمر نباتات الدغل فالنباتات الصغيرة في العمر تكون مكافحتها اسهل .

9- الاخذ بنظر الاعتبار تغطية التربة من قبل نباتات الدغل او المحصول ونوع التربة (فالترب العضوية والطينية اكثر قدرة على الامتصاص) .

مبيدات الآفات في بيئتنا Pesticides in Our Enviroment

كيف تؤثر المبيدات في البيئة ؟ تساهم المبيدات في تلوث البيئة . تصنف المبيدات من بين العديد من المواد الاخرى وتدعى سموم كيميائية ذات تأثير طويل في البيئة وبذلك تهدد حياة الانسان والحيوان من خلال تلويث الماء الارضي والغذاء والاعلاف وتشير التقديرات ان حوالي 70% من كل المبيدات المستعملة في الولايات المتحدة فان 5% منها تصل الى ماء التربة فقط وللاسف فان هذه كافية لتعريض صحة الانسان والحياة الاخرى على الارض للخطر .

منظمة حماية البيئة (EPA) Environmental Protection Agency وادارة الدواء والغذاء (FDA) and Drug Aministration (FDA) هي منظمات فدرالية في الولايات المتحدة (USA) تعمل على وضع معايير امنة لاستعمال المبيدات ورصد وجودها في السلسلة الغذائية والبيئة عموما . تهدف وكالات الصناعة التنظيمية الى انتاج مبيدات امنة وغير ثابتة (سريعة التحلل) ، وان الخصائص المثالية لهذه المبيدات هي :-

1. قصيرة العمر (لا تستمر) في البيئة المبيد الامن يكون قابل لتحطيم الافة المستهدفة خلال فترة قصيرة (1- 2 اسبوع) تتبدد بسرعة والذي يقلل فرصة دخولها في السلسلة الغذائية .

2. فعال (مؤثر) وامن في الاضافة واذا تم ملامستها او انسيابها تكون سهلة الغسل والتخلص منها .

3. غير مسرطنه ، وغير مطفرة بسبب صعوبة تحديد تلك الاضرار وبسرعة لانها تظهر بعد مدة قد تطول بعد استعمال المبيد .

الادارة المتكاملة للآفة Integrated Pest Management

الادارة المتكاملة للآفات هي استراتيجية لإدارة الافة التي يكون هدفها ليس الاستئصال. ولكن بالأحرى هو لجعل مجتمع الافه عند ادنى حد مؤثر اقتصاديا بحيث يؤدي الى اقل فقد في ناتج المحصول . وهذه تنتج بنهج متعدد التخصصات تستعمل فيها كل الاستراتيجيات والطرائق المهمة .

الخطوات في أي برنامج اداره متكاملة للافه (IPM) هي

1- تحديد الآفات والمسبب المرضي بدقة .

2- معرفة حياتية الافة وكيف تؤثر البيئة فيها.

3- تحديد عينات ممثلة لمجتمع الافه .

4- اذا كانت هناك اصابة اقتصادية ، فيجب ان نختار احسن طريقة لإدارة الافة .

5- اختيار طريقة ادارة مكافحة الافة التي تقضي على الافة بدون ضرر للكائنات الحية الموجودة الاخرى . خذ بنظر الاعتبار طريقة الزراعة اولا (على سبيل المثال ، تغيير موعد الزراعة واعطاء تغذية تكميلية للنبات)

6- تطوير جدولة لرصد الآفات ومراقبتها .

7- تقويم طريقة ادارة الافة وعمل التعديل المناسب .

الفصل الثالث عشر

الأنظمـــة المحصولية

CROPPING SYSTEMS

ممارسات الادارة تم تطويرها على اساس زراعة المحاصيل بصورة منفردة كذلك التوصيات اعتمدت لمحاصيل تزرع منفردة ، فالتأثيرات المتبقية للمحصول المنفرد لم تؤخذ بنظر الاعتبار عند اعداد التوصيات المتعلقة بذلك المحصول وبهذا الخصوص فان الانتفاع بالموارد الطبيعية لن يكون كفوء للمزارع بدلا من المحصول فان الارض كوحدة (unit) والممارسات الحقلية يجب ان تكون لكل المحاصيل التي ستزرع على قطعة الارض تلك . النظم التي تطبق في الزراعة تكون من اجل الانتفاع الكفوء من كل الموارد واستقراريه استدامتها في الانتاج للمحصول اعلى عائد .

يتألف النظام من مكونات عدة يعتمد احدها على الاخر . يعرف النظام على انه مجموعة من العناصر او المكونات التي ترتبط بعلاقات فيما بينها فضلا عن تداخلاتها نظام الحقل يتألف من مدخلات عدة مثل النظام المحصولي ، صناعة الالبان ، حضائر الحيوانات ، دواجن ، اسماك ، خلايا النحل .... الخ . الناتج النهائي ومخلفات مشروع واحد يمكن ان تستعمل كمدخل (مساهمه) لمشروع اخر . المخلفات من مشروع انتاج الالبان يمكن ان تستعمل كسماد للحقل التي تعد مدخل (مساهمة) في النظام المحصولي . القش الذي نحصل عليه من المحاصيل يستعمل كعلف للأبقار والحيوانات المزرعية . الابقار تستعمل في عمليات حقلية مختلفة لنمو المحصول . لذلك فان المشاريع المختلفة للأنظمة الحقلية مترابطة بشكل عال . هذه المشاريع الحقلية تؤدي بالنهاية الى زيادة مدخلات وعوائد المزارع .

ان مصطلحي الانظمة الحقلية (farming system) والمختلط الحقلي (mixed farming) يستعملان بالترادف . على ايه حال فان هناك بعض الاختلافات المهمة بين هذين المصطلحين ، فالمختلط الحقلي يعرف على انه نظام حقلي يطبق على

حقل معين الذي يتضمن انتاج محصول او تربية مواشي او دواجن او اسماك .... الخ لاستدامة تحقيق عدد من الاحتياجات المطلوبة للمزارع . لذا فان العيش او البقاء (subsistence) يعد هدفا مهما للمختلط الحقلي بينما العائد الاعلى وبدون تبديل التأثير على التوازن البيئي يعد الهدف المهم والرئيس للأنظمة الحقلية . الزراعة العضوية مثلا هي نوع خاص من الادارة الحقلية في المختلط الحقلي وهذا النوع من طرائق ادارة الحقول تعتمد على تدوير المادة العضوية ، اذ لا تستعمل الكيمائيات الزراعية المصنعة كالأسمدة والمبيدات ومنظمات النمو .... الخ او تستعمل بكميات قليلة جدا والحقيقة لا يمكن الاستغناء عن استعمال الكيميائيات الزراعية المصنعة وذلك للحاجة الى انتاج وفير يكفي عدد السكان المتزايد ويعد النظام المحصولي (cropping system) مهم للنظام الحقلي (farming system) وهو يمثل الانماط المحصولية المستعملة في الحقل وتداخلاتها مع الموارد والمشاريع الحقلية الاخرى والتقانات التي حددت بنية وتركيب تلك الانماط . النمط المحصولي (cropping pattern) يعني نسبة من المساحة تحت محاصيل مختلفة عند نقطة زمنية معينة في وحدة المساحة وهي تشير الى التعاقب المحصولي والتنظيم الفراغي للمحاصيل في اي مساحة من الارض . التعاقب المحصولي والدورة الزراعية يستعملان بالترادف . الدورة المحصولية تشير الى التتابع الجاري للمحاصيل على قطعة الارض نفسها سواء على مدى سنة او مدة زمنية طويلة ، لذا فالمحاصيل المكونة للنظام الذي يجب ن يتم اختيارها بحيث لا تسبب ضررا للصحة وسلامة التربة .

انواع الانظمة المحصولية Types of Cropping Systems

اعتمادا على المصادر والتكنولوجيا المتاحة ، هناك انواع مختلفة من الانظمة المحصولية تطبق في الحقل .

المحصول الاحادي Monocropping

المحصول الاحادي او الزراعة الاحادية تعني زراعة محصول واحد فقط على قطعة الارض سنة بعد سنة . ذلك ربما يعود الى حالة المناخ والظروف الاقتصادية والاجتماعية . او قد تعود الى ان المزارع يتخصص في زراعة محصول محدد تحت ظروف المطر او كمية المياه مثل فستق الحقل ، القطن او الذرة البيضاء تزرع سنة بعد سنة اعتمادا على محدودية الامطار ومحدودية المياه او توفر العوامل البيئية الاخرى او مثل زراعة الخضراوات الورقية (الكرفس والمعدنوس والكراث والريحان... الخ) اذ يتخصص المزارع بزراعتها فتشاهد لمواسم عدة في قطعة الارض نفسها .

التعدد المحصولي Multiple Cropping

ان زراعة اثنين او اكثر من المحاصيل على قطعة الارض نفسها في نفس التقويم السنوي تعرف بالتعدد المحصولي . وهي تكثيف للمحاصيل في وقت ومسافات جامعة ولمحاصيل عدة ضمن سنة ومحاصيل عدة على قطعة الارض نفسها ولأي مدة زمنية وهذه تتضمن الزراعات المتداخلة ، الخلائط المحصولية والتعاقب المحصولي .

الزراعة المتداخلة Intercropping

الزراعة المتداخلة هي زراعة اثنين او اكثر من المحاصيل سوية على قطعة الارض نفسها بخطوط محددة واضحة مثل زراعة ثلاثة خطوط ذرة صفراء + خط ماش (نسبة 1 : 4) واعتمادا على نسبة المجتمع النباتي لكل محصول في نظام الزراعة المتداخلة ، فمثلا احد المحاصيل يفضل التظليل ورطوبة عالية والاخر عكسه، لذلك احد المكونات يساعد الاخر في ظروف النمو والانتاج او مثلا احد المحاصيل تكون جذوره غير عميقة (قريبة من سطح الارض) والاخر له جذور عميقة بذلك ستتحقق اعلى فائدة من رطوبة ومغذيات التربة .

تعد الزراعات المتداخلة تطبيقات مضمونة للتامين ضد فشل المحصول لو زرع منفردا تحت الظروف الديمية . حاليا يكون الهدف الرئيس للزراعة المتداخلة هو الانتاجية العالية في وحدة المساحة بالإضافة الى استقراريه واستدامة الانتاج . نظام الزراعة المتداخلة يزيد من مصادر الدخل وزيادة كفاءة قطعة الارض وعائديتها . عند زراعة محصول واحد مثل فستق الحقل فان مصادر الطقس مثل الامطار و الحرارة والاشعاع الشمسي يمكن الاستفادة منها فقط عندما يكون موسم ممطر . وعندما يدخل الماش في الزراعة المتداخلة فانه يتم الاستفادة من الموسم الشتوي حتى النهاية ولنجاح الزراعة المتداخلة لا بد من توفر المتطلبات المهمة الاتية :-

1- وقت قمة الطلب على المغذيات من قبل المحاصيل المتداخلة . في (الذرة الصفراء + الماش) في الزراعة المتداخلة يكون قمة الطلب على المغذيات من قبل الماش هي بعد 35 يوم من الزراعة بينما تكون 50 يوم للذرة الصفراء .
2- التنافس على الضوء يكون اقل ما يمكن بين المحصولين او المحاصيل المتداخلة
3- التكامل بين المحاصيل المتداخلة يجب ان يتواجد .
4- الاختلاف في النضج للمحاصيل المتداخلة يجب ان يكون على الاقل بمقدار 30 يوم .

المحاصيل المخلوطة هو زراعة اثنين او اكثر من المحاصيل المتشابهة والمتمازجة بدون خطوط مستقلة عنها وهو تطبيق شائع في اغلب الاراضي الجافة مثل زراعة الشعير والبرسيم او الباقلاء والشعير .... الخ .

التعاقب المحصولي Sequence Cropping

التعاقب المحصولي يمكن تعريفه على انه زراعة اثنين او اكثر من المحاصيل بالتعاقب على قطعة الارض نفسها في سنة معينة . اعتمادا على عدد المحاصيل التي

تزرع في السنة فهي تسمى مزدوجة او ثلاثية او رباعية المحصول عندما تتضمن 2 او 3 او 4 من محاصيل بالتتابع .

كفاءة الانظمة المحصولية Efficient of Cropping System

تعتمد كفاءة الانظمة المحصولية على الموارد الحقلية و المشاريع الحقلية وتكنولوجيا الحقل . تتضمن الموارد الحقلية الارض والايدي العاملة والماء وراس المال والابنية والبنى التحتية . عندما تكون الارض محدودة فان التكثيف المحصولي يكون مهما للاستفادة بشكل كامل من الماء الجاهز والايدي العاملة . عند توفر الايدي العاملة ورخصها ، فان الخضراوات تدخل في النظام المحصولي لأنها تتطلب ايدي عاملة اكثر . في المناطق المنخفضة الامطار (اقل من 750 ملم) يتبع زراعة محصول مفرد ، وعندما تكون الامطار اكثر من 750 مل يمكن تطبيق الزراعة المتداخلة مع توفر مياه الري . يمكن تطبيق نظام محصولي ثلاثي او رباعي عندما تكون العوامل المناخية غير محددة . المشاريع الحقلية مثل انتاج الالبان ، الدواجن .... الخ يمكن ادخالها في النظام المحصولي . عندما يكون هناك مشروع تربية الابقار في الحقل فان النظام المحصولي يجب ان يتضمن زراعة محاصيل العلف . عند ادخال اربعة محاصيل متعاقبة في الحقل فان دخل المزارع سيزداد بسبب تضاعف عدد المحاصيل . الزراعة المتداخلة تقود الى المحافظة على انتاجية الارض واستدامة الانتاج وتنوع الحاصل ومنع تدهور الموارد الطبيعية وزيادة التنوع الاحيائي والتكامل الاقتصادي للمزارع .

التداخل بين مختلف المحاصيل المكونة

Interaction between Different Component Crops

عندما تزرع المحاصيل مجتمعة في نظام زراعة متداخلة فان هناك تداخل بينها. هذا التداخل ربما يكون تنافسي او غير تنافسي او تكاملي. عندما تنمو المحاصيل بتعاقب (متسلسل) فان تأثير المتبقيات من المحصول السابق قد تؤثر على نجاح المحصول وربما يكون مضر او مساعد . السموم الكيميائية المتبقية في التربة بوساطة جذور زهرة الشمس تعمل كمثبط للإنبات للمحصول اللاحق . المتبقي من حصاد محصول الذرة البيضاء مع نسبة عالية من C : N يسبب تثبيت (عدم حركة) للنيتروجين وبذلك بسبب نقص النيتروجين في المراحل المبكرة لنمو المحصول . جذور نباتات البقوليات ومتبقياتها تضيف نيتروجين للتربة .

ان مصطلح التداخل (interference) يستعمل لوصف تأثير وجود احد النباتات على بيئة النباتات الاخرى . لذا فان التداخل يمكن ان يقسم الى قسمين :-

تفاعلات الازالة (removal reaction) ازاله احد النباتات عن محيطه او تفاعلات اضافية (additive reaction) يتم اضافة بعض الاشياء ، فعندما تزال بعض العوامل من المحيط البيئي فان الاستجابة الناتجة للأنواع المجاورة يمكن ان تكون سالبة او موجبة او متعادلة . التنافس بين النباتات هو احد الامثلة على تفاعلات الازالة وعندما يضاف احد العوامل الى المحيط فان استجابة الانواع المتجاورة يمكن ان تكون سالبة او موجبة او متعادلة ومثال على الاضافة هي التفاعلات التي تنتج عن التثبيط الاليلوباثي او التكافل .

التداخل في الزراعة المتداخلة Interaction in Intercropping

عوامل النمو المطلوبة للنبات مثل الاشعاع الشمسي والماء والعناصر الغذائية و CO_2 . في الزراعة المتداخلة او خلط المحاصيل فان انواع النباتات المختلفة يتنافس

احداهما مع الاخر على عوامل النمو المحدودة ويبدأ التنافس على العامل عندما تنخفض مستويات ذلك العامل عن الحد الادنى لمتطلبات احد الانواع او النوعين من ذلك العامل .

الاشعاع الشمسي Solar Radiation

المحصول ذو النباتات الطويلة في نظام الزراعة المتداخلة يستقبل اغلب اشعة الشمس بينما المحصول القصير يكون اقل استقبالا . في بعض انظمة الزراعة المتداخلة اشعة الشمس تستغل بكفاءة عالية بوساطة كلا المحصولين . في (فستق الحقل + الماش) يتحقق اعتراض اكثر للضوء من قبل الماش بعد حصاد فستق الحقل.

اذا كانت مكونات المحاصيل تنمو بدورة حياة مختلفة فان قمة الطلب على الضوء يحدث في اوقات مختلفة . في (الذرة الصفراء + الماش) نظام الزراعة المتداخلة الماش يزهر في 35 يوم بعد الزراعة ويحصد بعد 65 يوم من الزراعة . بينما قمة الطلب على الضوء للذرة الصفراء يكون بعد 60 يوم من الزراعة المتداخلة عندما يكون الماش جاهز للحصاد . في مثل التداخل الزراعي يوجد تنافس قليل بين المكونات المحصولية على الضوء .

الماء والمغذيات Water and Nutrients

التنافس على الماء والمغذيات ينتج نوعين رئيسين من التأثير اما نجاح اقل او يؤدي الى كبح مكونات التداخل

التأثير الاول :- جذور المحصول السائد ربما تنمو بنجاح اقل على جهة المكون المهيمنة والمكونات التي تكبح النمو تكون قد تكيفت لمثل هكذا ظروف من خلال زيادة مقدرتها على الامتصاص .

التأثير الثاني :- تتأثر النباتات بالتنافس على عوامل التربة فكل منها يسعى لزيادة نسبة الجذور الى المجموع الخضري .

التثبيط (الاليلوباثي) Allelopathy

التثبيط هو تأثير ضار مباشر او غير مباشر يسببه احد النباتات على النبات الاخر من خلال تحرير مواد كيميائية او سموم الى المحيط الجذري او سموم . بعض المحاصيل ربما لا تكون مناسبة لإدخالها في نظام الزراعة المتداخلة بسبب كونها تنتج سموم في التربة التي تؤدي الى احداث ضرر على المكونات المحصولية الاخرى .

Annidation :- تعزى الى التفاعل التكاملي الذي يحدث في كلا من الوقت والمكان.

الاستفادة من المسافة Annidation in Space

الاكسية الخضرية للمحاصيل المكونة للتداخل ربما تحتل طبقات عمودية مختلفة (تنضد) مع تحمل المكونات الاطول للإضاءة القوية والطلب العالي على متطلبات النتح والمكون الاقصر يفضل التظليل ورطوبة عالية لذلك احدهما يساعد الاخر

الاستفادة من الوقت Annidation in time

عندما يزرع محصولين يختلفان في مدة نموهما المطلوبة بشكل واسع في دورة الحياة الواحدة ، فان قمة طلبهما على الضوء والمغذيات ستكون في مدد زمنية مختلفة لذلك تنخفض المنافسة عندما يحصد المحصول المبكر في النضج . وبذلك فان الظروف تكون افضل للمحصول المتأخر النضج وهذه تمت ملاحظتها عند زراعة (الذرة البيضاء + الماش) و (فستق الحقل + الماش) و (الذرة الصفراء + الماش) لأنظمة الزراعة المتداخلة .

التأثيرات المكملة الاخرى Other Complementally Effects

في اي نظام للزراعة المتداخلة الذي يحتوي على البقوليات وغير البقوليات فان جزء من النيتروجين يثبت في العقد الجذرية للبقوليات ومن المحتمل ان يكون جاهز للمكون (غير البقولي) . وجود المحيط الجذري للنباتات الدقيقة والمايكورايزا (rhizosphere microflora و mycorhiza) على احد الانواع ربما يقود الى تحريك وجاهزية اكبر ليس لنباتات المحصول فحسب وانما للمحصول المرافق .

نباتات المحصول القائمة ربما تحسن الحاصل للمتسلقة عليها وذلك مثل حالة (الذرة الصفراء + البزاليا) . المكون المحصولي الطويل يعمل كواقي من الرياح للنبات (المكون) القصير مثل (الذرة الصفراء + فستق الحقل او اللوبيا) ، (الخروع + البصل) .

تقييم افضلية (ميزة) الحاصل Assessing Yield Advantage

عندما تحتوي انظمة الزراعة المتداخلة على محاصيل عدة ، من غير المنطقي مقارنة الحاصل الكلي للمحاصيل المختلفة في احد الانظمة مع اخرى . تم تطوير معايير عدة لتقييم الانظمة المحصولية .

الحاصل المكافئ للمحصول Crop Equivalent Yield (CEY)

حاصلات المحاصيل من الزراعة المتداخلة المختلفة تحول الى الحاصل المكافئ لأي محصول اساسي قياسا الى سعر المنتج . ان حاصل المحصول الحاصل المكافئ (Crop Equivalent Yield (CEY يمكن حسابها يحسب كما يأتي :-

$$\mathbf{CEY} = \sum_{i=1}^{n}(Yi - ei)$$

اذ ان :-

Yi :- هو الحاصل للمكونات الزراعة المتداخلة

ei :- العامل المكافئ للمكون الاول او السعر للمحصول الاول .

تمرين :- افرض ان الحاصل لكلا من لفستق الحقل والماش في الهكتار للزراعة المتداخلة هو 1.000 و 600 كغم / هـ بالتتابع . الحاصل الكلي لنظام الزراعة المتداخلة الذي يمكن التعبير عنه بالحاصل المكافئ لفستق الحقل بوساطة معرفة السعر لكل منتج . فاذا كان السعر لفستق الحقل والماش هو 2500 و 1500 دينار / كغم بالتتابع .

(EY)لفستق الحقل $= \frac{1000 \times 2500}{2500}$ = 1000 kg

(EY) للماش = $\frac{600 \times 1500}{2500}$ = 360 kg

EYC (للنظام) = 1000 + 360 = 1360 kg المكافئ من فستق الحقل

نسبة مكافئ الارض Land Equivalent Ratio (LER)

نسبة مكافئ الارض (LER) هو نسبة مساحة الارض تحت زراعة محصول منفرد الى الحاصل المنتج في الزراعة المتداخلة . (LER) يمكن توضيحه رياضيا كما يأتي :-

$$\textbf{LER} = \sum_{i=1}^{m} \frac{Yi}{Yij}$$

اذ ان :-

Yi :- الحاصل للمكون الاول من وحدة المساحة المزروعة كمحصول متداخل .

Yij :- الحاصل المكون الاول المزروع كمحصول منفرد على المساحة نفسها .

باختصارLER هو مجموعة نسب الحاصل للزراعة المتداخلة الى الحاصل للمحصول المنفرد .

تمرين :- افرض ان الحاصل لفستق الحقل والماش المزروعة كمحاصيل نقية (لوحدها) هي 1200 و 1000 كغم / هـ بالتتابع . افرض ان الحاصل لهذين المحصولين عندما يزرعان في الزراعة المتداخلة هو 1000 و 600 كغم / هـ بالتتابع.

- نسبة مكافئ الارض (لفستق الحقل + الماش) في نظام الزراعة المتداخلة كما يلي :-

$$(LER) \text{لفستق الحقل} = \frac{\text{الحاصل للزراعة المتداخلة}}{\text{الحاصل المنفرد}} = \frac{1000}{1200} = 0.83$$

$$(\text{LER}) \text{ للماش} = \frac{\text{الحاصل للزراعة المتداخلة}}{\text{الحاصل المنفرد}} = \frac{600}{1000} = 0.6$$

$$\text{LER} (\text{للنظام}) = \frac{1000}{1200} + \frac{600}{1000} = 1.43$$

LER (1.43) يشير للنظام الى ان 43% من الحاصل هو الفائدة (الميزة) التي تم الحصول عليها من نظام الزراعة المتداخلة بالمقارنة مع زراعتها بشكل منفرد . بكلمة اخرى ان المحصول المنفرد يجب زراعته في مساحة 1.43 هكتار للحصول على نفس مستوى الحاصل الذي حصل عليه من هكتار واحد للزراعة المتداخلة .

الحاصل الكلي النسبي (Relative Yield Total (RYT

في المراعي ، انواع مختلفة من النباتات تزرع للرعي بنسب مختلفة . الحاصل لهذه المحاصيل يكون عال عندما تزرع منفردة بنسبة مجتمع نقي 100% ، بالمقارنة الى حاصلها في المراعي مع انخفاض مجتمعها . للتوفيق بين عدد من الانواع في المرعى يجب معرفة نسبة كثافة كل نوع للزراعة المتداخلة. هذه مهمة لمعرفة اي توليفه من المحاصيل تعطي اعلى حاصل علف .

الفائدة من الحاصل لهذا الحساب ليس على اساس وحدة المساحة فقط ولكن كذلك على اساس وحدة الكثافة النباتية التي تحسب على اساس نسبة الحاصل الكلي . يمكن ان هذه العلاقة رياضيا توضح رياضيا كما يأتي :-

$$\boldsymbol{RYT} = \frac{Yab + Yba}{Yaa + Ybb}$$

اذ ان :-

Yaa :- حاصل المكون (a) كمحصول منفرد

Ybb :- حاصل المكون (b) كمحصول منفرد

Yab :- حاصل المكون (a) في الزراعة المتداخلة مع (b)

Yba :- حاصل المكون (b) في الزراعة المتداخلة مع (a)

مثال :- في مرعى خلط نوعين من الحشائش (نوع 1 و 2) وزرعا بنسبة (1 : 1) اي بنسبة 50% لمجتمع المحصول المنفرد لكلا المحصولين . حاصل النوع (1) والنوع (2) في الخليط هو 6 ، 4 طن علف اخضر / هكتار بالتتابع من الحشة الاولى ، حاصلها المنفرد بنسبة نقاوة 100% لمجتمعها هو 10 و 8 طن علف اخضر / هكتار بالتتابع .

$$RYT = \frac{\text{خليط(نوع } \mathbf{1} + \text{ نوع } \mathbf{2}\text{)}}{\text{لمفردها(نوع } \mathbf{1}\text{، نوع } \mathbf{2}\text{)}}$$

حاصل المحاصيل في الخليط بنسبة 50% لمجتمع (نوع **1** + نوع **2**) هو 6 و 4 طن / هكتار بالتتابع وحاصلها المتناظر هو 12 و 8 طن / هـ للنسبة 100% للمجتمع (نقي) .

$$RYT = \frac{12+8}{10+8} = \frac{20}{18} = 1.11$$

RYT (1.11) يشير الى ان 11% حاصل علف اضافي تم الحصول عليه بواسطة الزراعة المخلوطة . معامل التزاحم النسبي(Relative Crowding Coefficient) ، معامل التنافس (Competition Index) ونسبة التنافس (Competition Ratio) كلها معايير يمكن استعمالها في تقييم انتاجية نظام الزراعة المتداخلة .

تقدير استعمال الارض Assessment of Land Use (ALU)

الهدف الرئيس من الزراعة المتداخلة هو لاستعمال المصادر المتاحة بكفاءة . هناك معايير عدة لمقارنة الكفاءة لأنظمة الزراعة المتداخلة المختلفة في سياق استعمال الارض .

الدليل المحصولي المتعدد Multiple Cropping Index (MCI)

MCI هو مجموع المساحة المزروعة لمختلف المحاصيل والمحصودة في سنة واحدة تقسم الى مجموع المساحة المزروعة وتحول الى نسبة مئوية .

$$\mathbf{MTC} = \frac{\sum_{i=1}^{n} ai}{A} \times 100$$

اذ ان :-

n = العدد الكلي للمحاصيل

ai= المساحة تحت كل المحصول المزروع والمحصود خلال سنة واحدة

A = مجموع مساحة الارض الجاهزة قبل للزراعة .

في المراجع القديمة كان يشار لها على انه الشدة المحصولية (Cropping Intensity)

دليل الكثافة المحصولية Cropping Intensity Index (CII)

CII هو تقدير المزارعين لحقيقة الارض المستعملة في المساحة والوقت وعلاقتها الى كل محصول او مجموعة محاصيل بالمقارنة الى مجموع مساحة الارض الجاهزة والوقت بضمنها الارض الجاهزة مؤقتا للإنتاج .

$$\mathbf{CII} = \frac{\sum_{i=1}^{NC} ai\ ti}{A\ oT + \sum_{i=1}^{m} Aj\ Ti}$$

اذ ان :-

NC = العدد الكلي للمحاصيل المزروعة من قبل المزارع خلال مدة الوقت (i) (سنة واحدة عادة)

ai = المساحة المحتلة من قبل المحصول ith

ti = مدة حياة المحصول

Ao = المزارعين الذين يزرعون مساحة الارض

m= العدد الكلي للحقول الجاهزة مؤقتا

Aj = مساحة الارض للحقل ith

Tj = المدة الزمنية Aj الجاهزة للزراعة

ببساطة CII يشير الى عدد الاوقات التي زرع فيها الحقل بمحاصيل مختلفة في سنة . فهي تحسب بتقسيم اجمالي المساحة المزروعة الى صافي المساحة الجاهزة في الحقل للمنطقة او البلد .

$$\mathbf{CII} = \frac{\text{اجمالي المساحة المزروعة}}{\text{صافي المساحة الجاهزة}} \times \mathbf{100}$$

اجمالي المساحة المزروعة هي المساحة المزروعة تحت مختلف المحاصيل في مواسم مختلفة من السنة على الارض الجاهزة .

تمرين :- مزارع يملك 10 هكتار من الارض ، هو يريد زراعة محاصيل مختلفة في مواسم مختلفة من سنة واحدة والتي توضح كما يأتي

ت	المحاصيل	المساحة المزروعة / هكتار		
		خريف	ربيع	صيف
1	ذرة صفراء	5	4	-
2	ذرة بيضاء	5	5	-
3	ماش	-	-	4
4	دخن	-	1	2

مجموع المساحة المزروعة او اجمالي المساحة المزروعة هو 26 هكتار وتتضمن 10 هكتار (خريف) + 10 هكتار (ربيع) + 6 هكتار (صيف)

$$\text{CII} = \frac{\text{اجمالي المساحة المزروعة}}{\text{صافي المساحة الجاهزة}} = \frac{26}{10} \times 100 = 260\%$$

هذا يشير بان اكثر من محصولين تمت زراعتها في السنة . الفترة المحتلة بوساطة المحصول في الحقل لن تؤخذ بنظر الاعتبار . عندما تكون هناك فترة نمو طويلة

للمحصول مثل البنجر السكري والقطن فان الكثافة المحصولية سوف تنخفض بسبب ان مدة بقاء المحصول في الحقل تكون اطول . هذه هي من عيوب الـ CII التي تم تحويرها لتشمل حساب الوقت

دليل الانتفاع من الارض المزروعة

(CLUI) Cultivated Land Utilization Index

CLUI يحسب عن طريق جمع الانتاج لمساحة الارض لمزروعة لكل محصول ولمدة حياة المحصول الفعلية التي تقسم بوساطة الحاصل لمجموع مساحة الارض المزروعة وعدد الايام في السنة .

$$\mathbf{CLUI} = \frac{\sum_{i=1}^{n} aidi}{A \times 365}$$

اذ ان :-

aidi = عدد الايام الي تتطلبها المحصولان

A= مساحة الارض المزروعة

التقييم الاقتصادي Economic Evaluation

الدلائل مثل LER , RYT .... الخ تعطي الملائمة الحياتية للنظام المحصولي لأي مساحة . في نفس الوقت النظام المحصولي لابد ان يكون قابل للتطبيق اقتصاديا ومثمر (مفيد) . عدد من الدلائل الاقتصادية متاحة (متوفرة) لتقييم الفائدة المتحققة من الانظمة المحصولية . بما ان سعر (قيمة) حقل الانتاج يتغير من سنة الى اخرى ومن مكان الى اخر ، لذلك فان عائدات النظام المحصولي كذلك تتغير تبعا لذلك.

العائدات الاجمالية Gross Returns

مجموع القيمة المالية للمنتج الاقتصادي والنواتج العرضية المتحصل عليها من المحاصيل في النظام المحصولي تحسب على اساس سعر السوق المحلي .

كلفة الزراعة Cost of Cultivation

كلفة الزراعة هي مجموع النفقات (المصروف) اللازمة لتأسيس واقامة محاصيل في النظام المحصولي . وتتألف من المالك (المؤجر) كعامل بشري ، المكائن ، قيمة البذور ، السماد الاخضر ، السماد الكيميائي ، مبيدات الآفات والادغال ، وتشغيل الري وقيمة الارض والاندثارات والفائدة على راس المال العامل. المزارع الفقير ربما يختار النظام ذو الكلفة الادنى للزراعة لذلك فهي تعطي ادنى عائد بسبب محدودية الموارد .

صافي العائد Net Returns

صافي العائد يحسب بوساطة طرح (اخراج) كلفة الزراعة من اجمالي العائد . ويعد مؤشرا جيدا لملائمة النظام المحصولي كونه يبين العائد الحقيقي الذي يحصل عليه المزارع .

نسبة الفائدة – الكلفة Cost – Benefit Ratio

وهي نسبة العائد الكلي الى كلفة الزراعة التي يمكن ان يعبر عنها بعائد الدينار المتحصل عليه وهذا دليل يزودنا الفائدة التي يحصل عليها المزارع من النفقة التي تحملها على عاتقه لا نشاء النظام المحصولي الخاص به .

ادارة النظام المحصولي Cropping System Management

الاسس المرتبطة في ادارة الزراعة المتداخلة ونظام التعاقب المحصولي مختلفة . الزراعة المتداخلة تمارس بهدفين للحصول على حاصل اضافي من اي زراعة متداخلة وتجنب المجازفة .

ادارة انظمة الزراعة المتداخلة

Management of Intercropping Systems

تزرع المحاصيل في نظام الزراعة المتداخلة سوية . ممارسات الادارة التي تتبع تهدف الى تهيئة بيئة ملائمة لكل المكونات . استثمار التداخلات المفضلة والمرغوبة بين المحاصيل المكونة للنظام وتقليل المنافسة الى ادنى ما يمكن بين تلك المكونات .

1- اعداد مهد البذرة Seedbed Prepatation :- اعداد (تهيئة) مهد البذور لمختلف اصناف المحاصيل تعتمد على المحصول . المحاصيل ذات الجذور العميقة تستجيب للحراثة العميقة ، بينما لأغلب الحبوبيات الحراثة الضحلة كافية لمهد جيد للبذور خصوصا للمحاصيل ذات البذور الصغيرة . المحاصيل مثل القطن والذرة الصفراء تزرع على مروز ، بينما اغلب المحاصيل الاخرى تزرع على مهد بذور مستوي (منبسط). بما ان اكثر من محصول واحد يدخل في الزراعة المتداخلة فان تهيئة مهد البذور ، عموما ستعمل على اساس متطلبات المحصول الرئيس . مهد البذور للبنجر السكري عادة تعمل في ثنيات واخاديد . البنجر السكري يزرع في الاخاديد والمحصول المتداخل معه يزرع على الثنيات . في (فستق الحقل + الماش) لنظام الزراعة المتداخلة فان مهد البذور المنبسط يفضل لزراعة هذه المحاصيل .

على كل حال اوصت مراكز البحوث العالمية المتخصصة بمهد بذور واسع واخاديد للترب السوداء للمناطق شبه الجافة للمحاصيل في الزراعة المتداخلة تحت الظروف الديمية . ان متطلبات بعض المحاصيل تختلف كمثال في (الرز + الذرة الصفراء) تحت الظروف الديمية ، للزراعة المتداخلة تعمل ثنيات وخنادق ، الذرة الصفراء تزرع على الثنيات والرز في الخنادق .

2- الاصناف Varieties :- الاصناف التي تنتخب من المحاصيل المكونة لنظام الزراعة المتداخلة يجب ان تكون اقل تنافس مع المحصول الاساس وان المدة التي تكون فيها قمة الطلب على المغذيات يجب ان تكون مختلفة مع المحصول الاساسي. وان يكون الاختلاف في دورة الحياة لمكونات الزراعة المتداخلة على الاقل 30 يوم . اختيار التراكيب الوراثية المتلائمة لمحاصيل المكونات يزيد الملائمة لنظام الزراعة المتداخلة . الاصناف التي تنتخب للزراعة المتداخلة يجب ان تكون ذات اوراق رفيعة ، تقاوم التظليل وفروع قليلة لكون هذه المحاصيل عموما تظلل من قبل المحصول الاساس . اذا كان المحصول الاساسي اقصر من محصول التداخل الزراعي فان محصول التداخل يجب ان يكون متراص وقائم الفروع ونموه المبكر يجب ان يكون بطئ .

3- الزراعة Sowing :- التطبيقات الزراعية يجب ان تعمل لتوفق بين الزراعة المتداخلة بطريقة ينتج عنها اقل منافسة للمحصول الاساسي . زراعة المحصول الاساسي اما يعمل بخطوط مزدوجة ، مزدوجة – خط عريض او حذف خط . زراعة المحصول الاساسي ومحصول التداخل الزراعي كذلك تعمل بنسبة ثابتة في زراعة خط مزدوج – خط ، (اثنين من خطوط المحصول الاساسي) يفضل تقليل المسافة بين الخطوط . المسافة بين زوجين من الخطوط تزداد لتلائم التداخل مثلا المسافة الطبيعية بين الخطوط لفستق الحقل في الزراعة الديمية هي 30 سم وتقلل الى 20سم بين الخطين و 50 سم مسافة بين كل زوجين من الخطوط .

المسافة في زوج الخطوط تقسم كـ 20 / 50 سم يشير ذلك الى المسافة بين خطين في الزوج هي 20 سم وبين الازواج هو 50 سم كذلك الدخن يزرع بمسافات بين الخطوط هي 30 / 60 سم في زراعة ازواج الخطوط .

النسبة الثابتة للزراعة المتداخلة تكون شائعة عادة الزراعة المتداخلة لفستق الحقل + الماش ان يكون في 1 : 7 او 1 : 11 كنسبة والذرة البيضاء + الماش بنسبة 2 : 1 في هذه الحالات حاصل الزراعة المتداخلة يكون زيادته بكثافة نباتية عالية . للحاصل العالي فان الكثافة النباتية للمحصول الاساسي يطبق كما لو كانت كثافة هذا المحصول منفرد والمحصول المتداخل 80% من نسبة الكثافة النباتية فيما لو زرع منفردا .

عندما تكون مدة النمو لمحاصيل الزراعة المتداخلة مختلفة اقل من 30 يوم فان استراتيجية الزراعة تعمل لأجل زيادة اختلاف مدة النمو وذلك بزراعة المحصول المتداخل بـ 10 – 15 يوم بعد زراعة المحصول الرئيس .

4- اضافة الاسمدة Fertilizer Application :- كمية العناصر الغذائية المطلوبة للمحاصيل المتداخلة تبين الى الاسمدة المطلوب اضافتها لنظام الزراعة المتداخلة . العناصر الممتصة عموما تكون اكثر في نظام الزراعة المتداخلة بالمقارنة مع المحاصيل المفردة في الزراعة (بدون زراعة متداخلة) . عندما تكون البقوليات مرافقة لمحاصيل الحبوب في نظام الزراعة المتداخلة فان جزء من متطلبات النيتروجين للحبوبيات سيكمل بوساطة البقوليات مع الاهتمام بالفسفور والبوتاسيوم ($\frac{1}{8} - \frac{1}{4}$) تضاف الى جرعة التوصية للمحصول الاساسي لتحقيق المتطلبات الفعلية . الجرعة الاساسية من النيتروجين (عند الزراعة) تضاف الى الخطوط لكلا المكونين في (حبوبيات + بقول) . اما السماد النيتروجيني الذي يضاف في الدفعات اللاحقة يعطي فقط الى خطوط الحبوبيات . الفسفور والبوتاسيوم يضاف بجرعة اساسية (عند الزراعة) الى كلا المحصولين .

5- متطلبات الماء Water Requirement :- نظام الزراعة المتداخلة عموما تم التوجه له للمحاصيل الديمية للحصول على حاصل مستقر . كمية الماء الكلي المستعملة في نظام الزراعة المتداخلة غالبا تكون نفسها كما في المحصول المنفرد ولكن الحاصل يزداد لذلك كفاءة استعمال الماء للزراعة المتداخلة تكون اعلى من المحاصيل المنفردة بشكل كبير .

توليفة المحاصيل تختلف في قابليتها في مواجهة ظروف نقص الرطوبة. على كل حال جدولة الري المتبع للمحاصيل المفردة تكون مناسبة حتى الى نظام الزراعة المتداخلة جدولة الري نسبة IW / CPE من 0.6 – 0.8 او الري عند بار واحد من شد رطوبة التربة تكون مناسبة الى اغلب الانظمة .

6- ادارة الادغال Weed Management :- مشكلة الادغال تكون اقل في نظام الزراعة المتداخلة بالمقارنة الى المحاصيل عندما تكون مفردة . كثافة النباتات العالية المستعملة التي تكمل تغطية سطح التربة بصورة مبكرة في نظام الزراعة المتداخلة مما يقلل انتشار الادغال . في المحاصيل متأخرة النضج التي تزرع في خطوط عريضة ، وجود محاصيل ذات نضج مبكر تساعد في تغطية المساحات الفارغة بين الخطوط وتكون الادغال تحت السيطرة . الشيء المؤكد ان المحاصيل المتداخلة تستعمل كأداة حيوية لمكافحة الادغال . الماش واللوبيا مع الذرة البيضاء تقلل مجتمع الادغال ومرة واحدة من التعشيب اليدوي تكون كافية بهذه الطريقة .

طبيعة النمو للتراكيب الوراثية المستعملة في الزراعة المتداخلة لها تأثير قوي على نمو الادغال . تغطية التربة من قبل المحاصيل النامية بشكل مبكر تكون اكثر اهمية من السرعة الزائدة في ارتفاع النبات .

من المعروف ان انواع مختلفة من الادغال يرتبط وجودها مع محاصيل معينة بفضل مختلف الممارسات المتبعة لإدارة الادغال مثل الحراثة ومبيدات الادغال .... الخ وكذلك يفضل تضارب المحصول والدغل . لهذه المعلومات تكون الادغال

الموجودة في المحصول المنفرد مختلفة عن من تلك الموجودة في نظام الزراعة المتداخلة .

لذلك فان مشكلة الادغال تكون اقل في انظمة الزراعة المتداخلة ، مكافحة الادغال تكون ضرورية في نظام الزراعة المتداخلة ولكن متطلبات الايدي العاملة للتعشيب تكون اقل . التعشيبة الثانية تكون غير ضرورية بسبب تغطية المحصول . المكافحة الكيميائية للأدغال تكون صعبة في نظام الزراعة المتداخلة بسبب ان مبيد الادغال ربما يكون انتخابي لاحد المحاصيل ولكن غير انتخابي للأخر . مبيد Atrazine يعطي مكافحة جيدة للأدغال لمحصول الذرة البيضاء المنفرد ولكنه غير مناسب (للذرة البيضاء + الماش) في نظام الزراعة المتداخلة لكونه سام لمحصول الماش .

7- الآفات والامراض Pests and Diseases :- الآفات والامراض يعتقد بانها تكون اقل في نظام الزراعة المتداخلة بفضل التنوع المحصولي مقارنة بالمحصول المفرد . بعض المكونات النباتية من المحتمل تعزز الاحياء الفطرية في التربة والمضادات من خلال التأثير غير المباشر على محتوى المادة العضوية في التربة . انتشار المرض يتأثر بوجود المحاصيل المختلفة .

مفهوم تنوع المحاصيل لإدارة مجتمع النيماتودا يجب ان يتبع بشكل رئيسي في تكوينة الطعم ومحاصيل المصيدة . المحاصيل الخادعة (الطعم) هي ليست محاصيل عائلة وهي تزرع لعمل بعثرة (تأثير) على قابلية الاصابة بالنيماتودا . المحاصيل المصيدة هي محاصيل عائلة تزرع لجذب النيماتودا ولكنها معدة لكي تحصد او تحطم قبل ان يوضع البيض من قبل النيماتودا . كذلك هناك نباتات تؤثر على انتشار النيماتودا بسبب افرازها مواد سمية في التربة تؤثر على النيماتودا .

ادارة تعاقب الانظمة المحصولية المتسلسلة (المتتالية)

Management of Sequential Cropping Systems

بما لا يشبه الزراعة المتداخلة ، فان المحاصيل تنمو الواحد بعد الاخر في النظام المحصولي المتعاقب (المتسلسل) وبذلك فان ممارسات الادارة ستكون مختلفة

1- تهيئة مهد البذرة Seedbed Preparation :-النمط الملائم لمهد البذرة ولمحصول معين يمكن ان تهيأ في تعاقب الانظمة المحصولية النظام المحصولي مثل الغمر للرز ، الثنيات والاخاديد للخضراوات ، الذرة الصفراء والقطن ومهد البذور المستوية ولمحاصيل عدة . على كل حال هناك مشكلتين نواجههما في تحضير مهد البذرة في تعاقب الانظمة المحصولية :-

أ- الوقت المتاح لا عداد مهد البذرة يكون اقل في النظام المحصولي المكثف ، عند تتابع كثيف لسقوط المطر ، والذي يتعارض مع تهيئة الارض .

ب-التأثير الذي يعود الى المحصول السابق ، ربما يكون الحقل في ظرف غير مناسب لتنفيذ العمليات الحقلية .

وكمثال فان اعداد الحقل بعد الري يكون صعب ، والسبب الرئيس يعود ان تركيب التربة قد تحطم خلال الغمر ، دوران الوقت (الوقت بين حصاد المحصول الى الزراعة للمحصول اللاحق (التالي) يكون اكثر اذا كان الرز هو المحصول السابق) لتجنب هذه المشكلة ، فان ادنى الحراثة او بدون حراثة تكون ملائمة . وهي تطبيقات شائعة لزراعة محاصيل البقوليات مباشرة قبل او بعد حصاد محصول الرز .

في نظام (الرز – الحنطة) ، فان متبقيات الرز تقتل بوساطة رش مبيد الباراكويت (Paraquat) وتزرع الحنطة في الاخاديد المحروثة بين متبقيات الرز في اندنوسيا تم اعتماد نظام يتجاوز هذه المشكلة . في هذا النظام فان محاصيل الاراضي المرتفعة ومحاصيل الاراضي المنخفضة تزرع بشرائط متبادلة . الرز يزرع في الشرائط المغمورة ، بينما الذرة الصفراء والبقوليات (فاصوليا ، لوبيا ،

الباقلاء) ، الماش ، الذرة البيضاء ، اللوبيا والبطاطا الحلوة فإنها تزرع في الشرائط المرتفعة او الشرائط المستوية وخلال موسم الجفاف فان الذرة الصفراء تزرع في المساحات المرتفعة وعلى الرطوبة المتبقية بينما المحاصيل النقدية (Cash crop) من البقوليات او الذرة الصفراء فإنها تزرع عندما يحصد الرز . ليس من المناسب ممارسة بدون حراثة او الحراثة صفر او ادنى حراثة في كل الانظمة المحصولية المتعاقبة فاذا كان المحصول السابق زهرة الشمس فان الحراثة ضرورية لأكسدة المواد الاليوباثية لزهرة الشمس . متبقيات الحصاد للدخن والذرة البيضاء التي تحوي نسبة عالية من C : N يؤدي الى تقييد النيتروجين لذلك من الضروري ازالتها . عموما الحراثة تعمل في بداية الموسم للمحصول الاول ويتبعها بدون حراثة للمحصول الاخر في النظام . في نظام (رز – رز – ماش) فان الحراثة الصيفية تعمل وتكون متأخرة عندما يكون الماء جاهز ويزرع المحصول الاول ، اما المحصول الثاني فيعمل الحد الادنى من الحراثة . الماش يزرع كمحصول متناوب مع محصول الرز الثاني . في نظام (القطن – الذرة البيضاء – الدخن) فان تهيأة الحقل تعمل ويزرع فيها الدخن وفي الموسم التالي يزرع القطن على متبقيات الحصاد من الدخن دون اجراء اي عمليات حقلية .

2- الاصناف Varieties :- يتم اختيار اصناف المحاصيل ذات دورة الحياة القصيرة وتكون ملائمة للأنظمة المحصولية المتعددة . الاصناف غير الحساسة للضوء تكون اساسية لنجاح النظام المحصولي المتعاقب . اغلب الاصناف ذات الحاصل العالي تكون غير حساسة للضوء . ان التكثيف المحصولي يكون اكثر احتمالا بإدخال تلك الاصناف .

3- الزراعة Sowing :- بما لا يشبه الزراعة المتداخلة فان الزراعة لا تعد مشكلة تهيئة وقت كاف لتحضير مهد البذور على سبيل المثال انشاء محصول القطن يكون صعبا في الترب السوداء الثقيلة بعد الرز بسبب الطبقات الصلبة في الطبقات الضحلة ، اختراق الجذور يكون صعبا والوقت الكافي يكون غير متاح للعمليات

الحقلية خصوصا اذا سمح للحقل لكي يجف بشكل كاف للعمليات الحقلية (بحدود شهر) فإننا سنفقد الوقت بذلك .

تأسيس المحاصيل البقولية بعد الرز ترافقها صعوبات ، نثر البذور عندما يكون محصول الرز موجود (قائم) او على متبقيات حصاد الرز فان الانبات يكون متفاوت وان مستوى البذار يكون من الضروري عاليا . التأخير في الزراعة يكون مشكلة في اغلب الاحيان في الانظمة المحصولية الكثيفة .

4- اضافة الاسمدة Fertilizer application :- تحديد جدولة للإضافة تكون معقدة في نظام التعاقب المحصولي ذلك لان عوامل عدة يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار والعوامل المهمة هي قوة تجهيز الارض والامتصاص الكلي بوساطة المحصول والتأثير المتبقي للأسمدة والمغذيات التي تضاف بوساطة المحاصيل البقولية ومتبقيات المحصول على التربة وكفاءة المحصول للانتفاع من المغذيات المضافة للتربة .

أ- قوة تجهيز التربة Soil Supplying Power :- مساهمة التربة الى المحاصيل يجب معرفتها قبل ان تقرر كمية السماد التي ستضاف . نتائج تجارب التسميد الطويلة اظهرت انه لا يوجد تغيير معروف في الخصائص الفيزيائية للتربة ، ونقص التربة من العناصر الغذائية الصغرى عند تعاقب محاصيل متعددة . على كل حال عنصر الزنك في الترب الرملية والحديد في الترب السوداء المتوسطة وجدت بانها حرجة . حالة العناصر الغذائية للتربة التي تحسب عند تحليل التربة في بداية الموسم يجب ان تعدل بوساطة زراعة محاصيل عدة خلال مواسم مختلفة . ان قوة تجهيز التربة يزداد مع ادخال البقوليات في الدورة الزراعية . السماد المضاف وما تضيفه متبقيات المحصول موضحة في الجدول 1.13 .

جاهزية N , K في التربة بعد محصول فستق الحقل يكون عالية بالمقارنة الى الحالة الاساسية ولكن بعد الدخن فقط حالة K تتحسن و لا يوجد تغيير في حالة الفسفور .

جدول 1.13. تأثير فستق الحقل والدخن على خصوبة التربة

ت	التفاصيل	جاهزية العناصر الغذائية (كغم / هـ) في عمق 30 سم من التربة		
		N	P_2O_5	K_2O
1	الحالة الاساسية للتربة	313	39	249
2	الاسمدة المضافة الى فستق الحقل	50	100	0
3	حالة العناصر الغذائية بعد فستق الحقل	424	39	594
4	السماد المضاف الى الدخن	120	60	140
5	حالة العناصر الغذائية بعد الدخن	346	39	521

المغذيات الممتصة من قبل المحاصيل Nutrient Uptake by Crops

ان مجموع الكمية من العناصر الغذائية التي تؤخذ بواسطة المحاصيل في تتابع (تسلسل) واحد تعطي مؤشر على المتطلبات السمادية للنظام . لغرض الحفاظ على توازن وجود العناصر الغذائية يجب معرفة كمية الاسمدة التي ستضاف فإنها تساوي او اكثر او اقل من العناصر الغذائية الكلية الممتصة من قبل مختلف المحاصيل في النظام وان التوازن يتم اعادته بالإحلال عن طريق اضافة سماد الى المحصول في النظام وللمغذيات التي تم اخذها من قبل المحصول .

تأثير المتبقي من الاسمدة Residual Effect of Fertilizer

ان مدى المتبقيات المتروكة على التربة يعتمد على نوع السماد المستعمل . بسبب حركتها او ذوبانها ، الاسمدة النيتروجينية لا تترك متبقيات بعد حصاد المحصول . دراسات الاسمدة النيتروجينية اظهرت ان فقط 1 – 2 % من النيتروجين المضاف الى الذرة الصفراء يمكن ان يؤخذ بواسطة محصول الحنطة الذي يعقب الذرة الصفراء . على كل حال متبقي النيتروجين يحدث فقط عندما يكون حاصل المحاصيل المختلفة يكون ضعيفا . الاسمدة الفسفورية والاسمدة الحيوانية الحقلية تترك متبقي كبير في التربة والتي تكون ملائمة للمحاصيل التالية .

تأثير البقوليات Lgume Effect

البقوليات تضيف نيتروجين للتربة بمدى 15 – 150 كغم N / هـ . كمية النيتروجين المضافة تعتمد على المحصول وكذلك على الغرض الذي زرع من اجله المحصول . الماش الذي يزرع لغرض الحبوب يساهم بـ 15 – 20 كغم N / هـ الى التربة . اللوبيا التي تزرع لغرض الحبوب والعلف الاخضر تساهم بـ 24 و 30 كغم N / هـ بالتتابع للمحصول اللاحق ، استعمال محاصيل التسميد الاخضر في النظام تضيف 40 الى 120 كغم / هـ ، الفسفور يزداد بعد قلب محاصيل التسميد الاخضر .

متبقيات المحصول Crop Rsidues :- متبقيات المحصول تضيف كميات معتبره من العناصر الغذائية . زراعة القطن في متبقيات حصاد الدخن يستفيد بحوالي 20 – 30 كغم N / هـ بفضل تحلل متبقيات الدخن . المحاصيل ذات الجذور العميقة مثل القطن تمتص الفسفور والعناصر الغذائية الاخرى من الطبقات العميقة . الاوراق المتساقطة وتحللها يضيف البوتاسيوم الى الطبقات العليا . متبقيات المحصول التي تحوي نسبة عالية من C : N مثل متبقيات الذرة البيضاء والدخن تقيد النيتروجين مؤقتا

. متبقيات المحاصيل البقولية التي تحتوي نسبة منخفضة من N : C وتحللها سريعا تضيف عناصر غذائية الى التربة .

كفاءة المحاصيل Efficiency of Crops :- تختلف المحاصيل في قابليتها على استخلاص واخذ العناصر الغذائية في الطبقات المختلفة للتربة وقابليتها في تحويلها الى حاصل اقتصادي .

محصول الجت يكون ذو كفاءة عالية للاستفادة من النيتروجين بعد الرز . فستق الحقل يكون اكثر كفاءة في الاستفادة من الفسفور عند زراعته بعد المحاصيل الاخرى كذلك بالنسبة للذرة الصفراء .

التوصيات السمادية يجب ان توضع الى النظام المحصولي بالأخذ بنظر الاعتبار العوامل اعلاه كمثال :- في النظام المحصولي الذي يكون فيه الحنطة هو الاساسي ، اية جرعة سمادية النيتروجين يوصى بها الحنطة عندما تزرع بعد الذرة البيضاء او الدخن يضاف لها 25% زيادة . الحنطة بعد البقوليات مثل الماش يضاف لها 20 – 30 كغم N / هـ اقل من التوصية . عندما يضاف السماد الفوسفاتي الى محاصيل التسميد الاخضر يكون من غير الضروري اضافة الفسفور الى محصول الحنطة التي تزرع بعدها . في النظام المحصولي (رز – حنطة) ، توصية النيتروجين يجب ان تضاف كما هي . على كل حال من الضروري اضافة الفسفور الى الحنطة و البوتاسيوم الى الرز ولكن لا تضاف الى كلا المحصولين في النظام . في النظام المحصولي (رز – رز – بقول) النيتروجين يجب ان يضاف الى كلا محصولي الرز K , P يضاف عند الموسم الجاف للرز .

5- ادارة المياه Water Management :- ادارة المياه للمحاصيل المتعاقبة نفسها للمحاصيل المفردة . لا يوجد مؤشرات لتأثير الري كما في حالة السماد واعتمادا على جاهزية الماء ، فان النظام المحصولي الملائم سيتم اختياره . في النظام المحصولي (رز – رز – رز) فانه نظام كفوء من اجل الحاصل الكلي لكنه

يستهلك كميات كبيرة من المياه خصوصا في وقت الصيف . اما نظام (رز – رز – فستق الحقل) فان له كفاءة عالية في استعمال الماء وصافي عائد عالي . في النظام المحصولي الذي يكون فيه الحنطة هو الاساس واعتمادا على توفر الماء فان النظام المحصولي يبدل عندما يكون الماء جاهز لـ 10 ريات ، و (ماش – حنطة) لـ (2 رية) بعد الحنطة . مع مراعاة طريقة الري ، التطبيق يجب ان يخطط بالطريقة التي تكون مناسبة لأغلب المحاصيل في النظام . في نظام (رز – رز – فستق الحقل) الرز يسقى بطريقة الغمر بينما بالنسبة لفستق الحقل الاشرطة الجانبية تكون ملائمة له . في نظام (قطن – ذرة بيضاء – دخن) القطن والذرة البيضاء تروى بطريقة الاخاديد (المروز) بينما الدخن فان طريقة الاحواض تكون ملائمة.

6- ادارة الادغال Weed Management :- ادارة الادغال تمارس لنظام الزراعة بشكل كامل (كوحدة واحدة) بدلا من اعتبار الادغال مشكلة لكل محصول على انفراد وهذا مهم بسبب ان تأثير الادغال السلبي يعود الى زراعة المحاصيل في النظام وان ممارسات السيطرة على الادغال ستؤثر على المحاصيل اللاحقة .

الادغال في حركية في الطبيعة وان تراجعا يحدث في اعداد انواع الادغال وبشكل مستمر في الطبيعة نتيجة لتغير الظروف المحيطة سواء اكان نتيجة الممارسات الزراعية او لطرائق السيطرة على الادغال وعموما فان الادغال عريضة الاوراق تظهر في الحنطة في مراحل متأخرة ويستعمل الـ 2,4-D كمبيد بعد البزوغ للسيطرة عليها وهذه الممارسة غير مناسبة في نظام رز – حنطة ، حشيش الكناري *Phalaris minor* تعد من الادغال الخطرة على محصول الحنطة . بذور الادغال لأنواع عدة تتحلل وتفقد حيويتها ذلك لان التربة يتم غمرها بالماء مع محصول الرز الا ان بذور حشيشه الكناري لا تفقد حيويتها لذلك فان الحنطة التي تزرع على بقايا محصول الرز فإنها ستتأثر بانتشار حشيشة الكناري

والشيء نفسه في نظام متعاقب قطن – ذرة بيضاء – دخن تحت نظام عدم الحراثة فان الادغال يتم السيطرة بوساطة مبيدات الاعشاب وفي دورتين .

7- الحصاد Harvesting :- في المحاصيل المتعاقبة ، المحصول يمكن ان يحصد عند النضج الفسيولوجي بدلا من الحصاد عند النضج التام والحقل يمكن ان يترك فارغا (خاليا) لمدة اسبوع قبل زراعة محصول اخر . ونعمد الى الزراعة المبكرة من اجل الحفاظ على الحاصل من اضرار الامطار التي قد تسقط نهاية الموسم او منع الانفراط او الاصابات بالآفات او اية عوامل اخرى قد تؤدي الى اضرار بالحاصل النهائي .

الفصل الرابع عشر
زراعة الأراضي الجافة
DRY LAND AGRIXULTURE

الجفاف مشكلة طبيعية لها علاقة بظروف الطقس ويؤثر في مناطق واسعة تمتد لأشهر أو سنوات وله تأثير كبير على إنتاج الغذاء بسبب نقص الماء مما يؤثر على نشاط النبات وقد يكون الجفاف مؤقت (temporary) أو جفاف دائمي (permanent) .

إن عناصر مواجهة الجفاف تتضمن التوقع (Prediction) والمراقبة (Monitoring) والتقدير أو تخمين التأثير (Impact assessment) ومن ثم الاستجابة (Response) . إن امتداد الجفاف لفترة طويلة قد يكون سببا للهجرة الجماعية للناس ، وبذلك يكون لها عواقب بيئية وزراعية وصحية واقتصادية واجتماعية . وان حجم التأثير يختلف حسب المناطق التي تتعرض للجفاف والمناطق ذات الكثافة السكانية التي تعتمد على مصدر غذاء رئيس تكون أكثر عرضة لحدوث مجاعة ناشئة عن الجفاف . ومن العواقب الشائعة للجفاف هي :-

1- يضعف ويقلل من نمو المحاصيل والإنتاج وحمولة المراعي .
2- حدوث المجاعة الناجمة عن نقص مياه الري .
3- تدمير البيئة والتأثير في كل من الحياة البرية الأرضية والمائية .
4- قد تحدث حرائق برية كما يحدث في الغابات والأحراش .

ولغرض تجنب الجفاف وتخفيفه يتبع الاتي :-

1- إنشاء السدود والخزانات وحصاد المياه في مواسم سقوط الامطار التي تعمل على تجهيز المياه في وقت الجفاف .
2- استعمال تقنيات صناعية لإحداث الأمطار .

3- تحلية المياه المالحة واستعمالها في الزراعة والاستهلاك البشري وللحيوانات .
4- الاستمرار في مراقبة الجفاف لغرض تفادي حدوثه .
5- العمل على صيانة التربة والمياه للمحافظة على الرطوبة من موسم لأخر .
6- تبني نظم محصوليه مناسبة باستعمال محاصيل او اصناف متحملة للجفاف فضلا عن دورات زراعية وتعاقب محصولي مناسبين .
7- دعم نمو المحاصيل من خلال الممارسات الحقلية كالتسميد وموعد الزراعة وتقليل الحراثة ومكافحة الافات للتقليل من تاثيرات الجفاف .
8- الاهتمام بتربية الثروة الحيوانية للوصول الى تكامل مزرعي اقتصادي .

مناطق الجفاف

اعتمادا على كمية الأمطار المستلمة فان الزراعة في الأراضي الجافة يمكن إن تقسم إلى ثلاث مجاميع :-

1- الزراعة في مناطق تكون فيها كمية الأمطار اقل من 750 ملم في الموسم .في هذه المناطق تكون نوبات الجفاف خلال فترة نمو المحصول شائعة غالبا . إخفاقات وفشل المحصول تكون أكثر حدوثا تحت هذه الظروف . هذه المناطق تساوي (تشابه) المناطق القاحلة وان عمليات حفظ الرطوبة مهمة في هذه المناطق .
2- الزراعة في مناطق تكون فيها كمية الأمطار أكثر من 750 ملم مضمونة تحدث نوبات جفاف خلال فترة نمو المحصول ، ولكن فشل المحصول يكون اقل تكرارا . تدخل هذه المناطق تحت مجموعة المناطق شبه القاحلة ، تبني ممارسات حفظ رطوبة التربة يكون ضروريا .
3- الزراعة في مناطق تستلم أكثر من 1150 ملم (أمطار مضمونة) وهذه عمليا تحدث في المناطق الرطبة ، وان فشل المحصول يكون نادرا في هذه المناطق وان تصريف هو المشكلة المهمة فيها .

قامت لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لأسيا والمحيط الهادئ بتقسيم زراعة الأراضي الجافة أساسا إلى فئتين : الزراعة الجافة (dry farming) والزراعة الديمية (rainfed farming) وان السمات المميزة لهذين النوعين من الزراعة موضحة في الجدول (1.14) .

جدول 1.14. صفات الزراعة الجافة والزراعة الديمية

ت	الصفات	الزراعة الجافة	الزراعة الديمية
1	الأمطار (ملم)	اقل من 800	أكثر من 800
2	الرطوبة الجاهزة للمحصول	نقص	كافية
3	موسم النمو (يوم)	اقل من 200	أكثر من 200
4	مناطق النمو	القاحلة و شبه القاحلة و المناطق المرتفعة من المناطق تحت الرطبة والرطبة	المناطق الرطبة وشبه الرطبة
5	نظام الزراعة	محصول مفرد أو زراعة متداخلة	الزراعة المتداخلة أو نظام محصولي مزدوج
6	المشاكل	تعرية ناتجة عن الرياح والأمطار	تعرية ناتجة عن الأمطار

مشاكل إنتاج المحاصيل في الزراعة الجافة

Problems of Crop Production in Dry Farming

تتصف مناطق الزراعة الجافة بتغايرات واسعة في حاصل نباتاتها فضلا عن ان فشل المحصول يكون شائعا تماما وهذ يعود بشكل رئيس إلى الأسباب الاتية :-

1- **توزيع الأمطار غير كاف وغير متكافئ :-** عموما تكون الأمطار متغايرة بين عالي وواطئ مما ينتج عنها حاصل غير مضمون للمحصول . بجانب عدم الوثوق هذا فان توزيع الأمطار خلال مدة نمو المحصول تكون غير متكافئة اذ يستلم كمية عالية من الأمطار في فترة لا يحتاج إليها ، وتنقص في فترة حاجة المحصول إليها تكون كبيرة .

2- تأخير البداية وتوقف مبكر للأمطار:-عندما تتأخر موجة الرياح الموسمية ،فان زراعة المحاصيل ستتأخر مما ينتج عنه ضعف في الإنتاج . في نفس الوقت قد يتوقف سقوط المطر مبكرا في الموسم مما يعرض المحصول إلى الجفاف في مرحلة الإزهار أو النضج مما يقلل الحاصل كثيرا .

3- نوبات طويلة من الجفاف خلال مدة نمو المحصول :- التوقف الطويل لدورة سقوط الأمطار خلال مدة نمو المحصول يؤدي إلى تقليل النمو والحاصل وأحيانا فشل المحصول .

4- انخفاض القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة .

5- انخفاض خصوبة التربة :- الأرض الجافة ليست جافة فقط بل تتعرض لفرط نقص الخصوبة أيضا (نقص العناصر الغذائية) .

تعريف الجفاف Definition of Drought

الجفاف هو احد المخاطر الداخلية للطبيعة ويتسبب بقلة تساقط الأمطار التي تمتد لمدة من الزمن وعادة ما تكون لموسم أو أكثر ويمكن إن يعرف بأنه مدة طويلة من عدم تساقط الأمطار مسببة أضرار واسعة للمحاصيل ينتج عنها ضياع الحاصل .

إن التعريف العلمي للجفاف هو مقارنة التساقط اليومي إلى التبخر – نتح مع تحديد معدل استنفاد رطوبة التربة . ويمكن تعريفه على انه النقص في الأمطار في مدة محدودة مقارنة مع الأمطار الطبيعية للمنطقة . يمكن إن يدعى الجفاف بجفاف الأرصاد الجوي والجفاف الزراعي والجفاف الهيدرولوجي . جفاف الأرصاد الجوية يعني نقص جوهري نسبي للأمطار قياسا إلى معدل المنطقة وأحيانا يقاس بنسبة انخفاض مقدارها 25% عن مستوى الأمطار التي تستقبلها المنطقة في الموسم .

يسبب نقص الرطوبة في منطقة الجذور فان هناك تأثيرات مختلفة على الحاصل. إن نوبات الجفاف لفترة عدم سقوط الأمطار تكون أكثر من 10 يوم في

الترب الخفيفة و 15 يوم في الترب الثقيلة . تسبب نوبات الجفاف هذه الذبول أو جفاف المحصول .

التصحر هو تدهور الأرض في المناطق الجافة وشبه الجافة والرطبة الجافة نتيجة لعوامل عدة تتضمن تغايرات المناخ ونشاطات الإنسان . ظاهرة التصحر ترجع بشكل رئيس إلى تكرار نوبات الجفاف ، الرعي الجائر وانخفاض الغطاء الخضري وتدهور التربة وانخفاض مصادر المياه . من التأثيرات الأخرى للجفاف هو النقص الحاد في الأعلاف وماء الشرب للثروة الحيوانية .

الشد الرطوبي أو الجفاف Drought or Moisture Stress

رطوبة التربة هي العامل المحدد غالبا في زراعة الأراضي الجافة إن التعرف على العمليات الفسلجية التي تحدث خلال الإجهاد الرطوبي أو إجهاد الجفاف ضروري من اجل السعي إلى تخفيف تأثير الإجهاد سواء بوساطة عمليات الإدارة أو تحسين النبات .

في علم الاحياء فان الشد هو نتيجة لتأثير عامل خارجي على أي كائن حي . الإجهاد الرطوبي ينتج عن نقص أو فائض في الماء بالنبات . إن مصطلح الإجهاد الرطوبي عموما يستخدم لنقص الرطوبة وكذلك قابل للتطبيق عند فائض الرطوبة .

تطور الشد الرطوبي Development of Moisture Stress

يحدث عجز الماء في النبات كلما زاد النتح عن قابلية الامتصاص ربما يكون ناجم عن زيادة في فقد الماء او انخفاض الامتصاص من التربة او كليهما . بعد الري او سقوط المطر فان عجز الماء يبدأ بالازدياد تدريجيا وخلال مدة قصيرة جدا . يبدأ نقص الماء بالظهور على النبات بسبب النتح العالي لاسيما في حرارة وسط النهار مما يسبب الذبول المؤقت أو الذبول الأولي أو تدهور وسط النهار . بتقدم الأيام تستنفد رطوبة

التربة ويصبح النبات غير قادر على امتصاص كمية كافية من الماء لمواجهة المتطلبات العالية من الماء ، فان عجز الماء سيظهر وتحت مثل هذه الظروف فان الثغور ستفتح لفترة قصيرة في الصباح والمساء وتغلق جزئيا في باقي اليوم . عندما تصل رطوبة التربة إلى مقدار (-15 بار) يظهر على النبات أعراض الذبول في اغلب ساعات اليوم ولكن لا يموت وهذه تعرف بنقطة الذبول الدائم . تستطيع النباتات عند هذه النقطة إن تستعيد نشاطها عند الري أو عند هطول الأمطار . إما إذا تعرضت التربة إلى مزيد من استنفاد الرطوبة إلى مستوى -6 ميكاباسكال (MPa) عندها سوف يموت النبات موتا دائميا وتسمى نقطة ذبول محددة Ultimate wilting point.

تأثيرات الشد الرطوبي Effects of Moisture Stress

لا يؤثر الشد الرطوبي على كل جوانب نمو وتطور النبات بشكل متساوي . بعض العمليات الحيوية تكون عالية الحساسية بينما أخرى اقل بكثير . الحاصل النهائي هو المؤشر الحقيقي على نتيجة هذه التأثيرات الاجهادية ومن العمليات الحيوية التي تتأثر بالشد المائي هي العلاقات المائية والتركيب الضوئي والتنفس والتغذية والنمو والتطور .

1- **العلاقات المائية Water Relations** :- نقص الماء يسبب تغيرات عدة في النبات ومنها التأثير في الامتصاص والنقل والنتح . النباتات المعرضة للشد الرطوبي يظهر عليها انخفاض واضح في الجهد المائي للورقة ومحتوى الماء النسبي وحال التعرض لظروف الجفاف فان ضغط الانتفاخ يلاحظ عليه الانخفاض ويزداد ذلك الانخفاض كلما تقدمنا الى الامام وفي الاول فان نقص الامتصاص و وجود النتح سيؤدي الى فقدان ضغط الانتفاخ الذي ينجم عن زيادة سرعة النتح نتيجة لزيادة جفاف الغلاف الجوي المحيط بالنبات وعندما تصبح

ظروف الغلاف الجوي المحيط بالنبات مستقرة فان نقص ضغط الانتفاخ يعزى الى الشد الرطوبي في التربة . نقص الماء كذلك يسبب ارتفاع في درجة حرارة الأوراق والغطاء الخضري وعند زيادة الشد الرطوبي فان انتفاخ الخلايا الحارسة سينخفض وستنغلق الثغور .

2- التركيب الضوئي Photosynthesis :- ينخفض التركيب الضوئي نتيجة للشد الرطوبي وهذا الانخفاض ينجم عن انخفاض معدل التركيب ومحتوى الكلوروفيل والمساحة الورقية مع ازدياد تراكم نواتج التمثيل في المصادر (sources) دون انتقالها الى المصبات (sinks)

3- معدل التركيب الضوئي Photosynthesis rate :- في عملية التركيب الضوئي فان عملية دخول ثاني اوكسيد الكاربون الى الورقة والتفاعلات الكيموحيوية وعملية اختزال CO_2 سوف تتاثر بالشد الرطوبي . عملية التبادل الغازي خلال الاوراق يتم التحكم بها من خلال طبقة متاخمة (boundary layer) وهي عبارة عن طبقة رقيقة من الهواء الذي لايزال على سطح الورقة ، مقاومات الثغور والنسيج الوسطي حيث ان الشد الرطوبي يزداد فان الثغور تبدأ بالانغلاق كاحد الاليات لتقليل فقد الماء بالنتح وتبعا لذلك فان عملية دخول CO_2 ستنخفض . التوصيل لخلايا النسيج الوسطي ستنخفض تدريجيا مع تقدم عمر الورقة وعلى اية حال فان الانخفاض في استدامة خلايا النسيج الوسطي يحدث مبكرا تحت ظروف الشد الرطوبي . الانخفاض في توصيل النسيج الوسطي لثاني اوكسيد الكاربون كذلك يؤثر في التركيب الضوئي وعموما فان الانخفاض الذي يحصل في معدل التركيب الضوئي يعود الى مقاومة الثغور .

خلال مدة الجفاف فان توصيل الثغور وصافي التركيب الضوئي سينخفضان مع ازدياد عجز الماء . في النباتات الحساسة فان الثغور تبقى مغلقة وصافي التركيب الضوئي يثبط تماما بعد اربعة عشر يوما (14) من بدء التعرض للجفاف . الجهد المائي للورقة سوف يعيد تنظيم وضعه عندما يبدأ سقوط

الامطار او تروى التربة بينما التوصيل الثغري وصافي التركيب الضوئي سيتم اعادة تغطيتهما (recovery) فقط بشكل جزئي خلال بدء سقوط الامطار وبعد ذلك فان عملية اعادة صافي التركيب الضوئي الى وضعه الطبيعي وبصورة كاملة في اربعة اسابيع بينما التوصيل الثغري يبقى دائما اقل في حالة الشد الرطوبي منه الى ظروف عدم الشد .

في جهد مائي للورقة -0.87 ميكاباسكال فان العمليات الكيموضوئية ونقل الالكترون ستتاثر . الشد الرطوبي يؤثر في الاختزال الكيموحيوي للـ CO_2 نتيجة لتبدل عمليات كيموحيوية عدة . وعلى اية حال لا توجد دلائل مباشرة لتلك العملية

4- **المساحة الورقية Leaf Area :-** الاختزال في عملية التركيب الضوئي الناجم عن الشد الرطوبي ينتج بدرجة رئيسية عن اختزال المساحة الورقية بدلا من معدل التركيب الضوئي ، انخفاض الجهد المائي للنسيج بمقدار - 1 ميكا باسكال فقط او اقل ينتج عنه انخفاض محسوس في النمو الخلوي بينما يتاثر معدل التركيب فقط في – 1.6 ميكا باسكال ان الانخفاض الوظيفي في مساحة الورقة ربما يكون ناجم عن تحطم الكلوروفيل ، وانخفاض توسع الورقة والتفريع وزيادة في سرعة شيخوخة الورقة تحت ظروف الشد المائي ، معدل استطالة الورقة وتوسعها تنخفض بدرجه اكبر نتيجة للشد الرطوبي منه الى انخفاض صافي التركيب الضوئي .

5- **التشبع بصافي التركيب الضوئي Assimilate Saturation :-** عمليات نقل نواتج صافي التركيب الضوئي تتاثر بالشد المائي ونتيجة للتشبع بنواتج التركيب فان التركيب الضوئي سينخفض وان عمليات النقل ستنخفض بدرجه اكبر نتيجة للشد الرطوبي مقارنة بانخفاض صافي التركيب .

6- **الجذور الحرة Free Radicals :-** يسبب الشد الجفافي اضرارا تاكسدية نتيجة لاطلاق الجذور الحرة . فعالية انزيمي الاكسدة الفائقة Catalase و Dismutase تزداد كاستجابة للشد المائي .

7- **التنفس Respiration :-** يزداد التنفس عند شد خفيف وعندما يصبح الشد المائي اكثر قساوة فان التنفس سينخفض . في الحنطة ثاني اوكسيد الكاربون يخرج بنسبه اكبر في المراحل المبكرة من الجفاف وقبل حدوث اي تغير يمكن قياسه في المحتوى المائي . ومزيدا من القساوة في الشد المائي فان انخفاضا اكثر سيحصل في المحتوى المائي والتنفس .

8- **التغيرات التشريحية Anatomic Changes :-** نوبة الشد المائي تقود إلى تغيرات تشريحية مثل خفض حجم الخلايا والمسافات البينية بين الخلايا وسمك جدار الخلية وتطورات ميكانيكية أخرى في النسيج . عدد الثغور لا يتغير بالنسبة لخلايا البشرة ولكن حجم الخلايا ينخفض لذلك فان عدد الثغور في وحدة مساحة الورقة تميل إلى الزيادة تحت الشد الرطوبي .

9- **التفاعلات الايضية Metabolic Reactions :-** غالبا ما تتاثر التفاعلات الايضية بعجز الماء . عجز الماء القاسي يسبب انخفاضا في فعالية الانزيمات . وعلى اي حال فانه ذلك التاثير يعد انتقائيا ، كميه الانزيمات التي تتضمنها عملية التحلل المائي(hydrolysis) تبقى على حالها او تزداد بما يسبب تحطم النشأ والبروتين بينما فعالية انزيم البيروكسديز (peroxidase) تنخفض . تراكم السكريات والاحماض الامينية يحدث تحت ظروف الشد المائي . البرولين كحامض اميني يتراكم عندما يتعرض النبات للشد الرطوبي ويزداد تراكمه في المراحل الاخيرة للنباتات ويعد مؤشرا جيدا لحصول الشد المائي .

10- **العلاقات الهرمونية Hormonal Relations :-** عندما يتعرض النبات للشد المائي فان التوازن الهرموني سيتبدل . فعالية الهرمونات المحفزة للنمو كالجبريلينات السايتوكايينات والاوكسينات تقل بينما تزداد منظمات النمو مثل حامض الابسسك والاثيلين والبيتين ....الخ . عملية انتقال محفزات النمو كذلك تنخفض تحت ظروف الشد المائي . محتوى حامض الابسسك يرتبط بعلاقة عكسية مع الجهد المائي للورقة . حامض الابسسك يعمل كمتحسس لتقليل فقدان

الانسجة لجهدها المائي . فهو يسيطر على الثغور ويقلل فقد الماء عندما يكون هناك شد مائي . انتاج الاثيلين يتحفز بوجود الشد المائي والذي بعد سببا لتساقط الاوراق والثمار .البيتين (bebtain) كذلك هو الاخر ينتج عندما يتعرض النبات للشد المائي ويستعمل كذلك كمؤشر على وجود الشد المائي

11- نزع الماء البروتوبلازمي Protoplasmic Dehydration :- عندما تجف الانسجة فان البروتوبلازم يزداد كثافة وتزداد لزوجة تدريجيا عند يصبح نزع الماء شديدا فان البروتوبلازم يصبح مطوي وقصيف .

12- العلاقات الهرمونية Hormonal Relationships :- مع استمرار العجز المائي فان التوازن الهرموني سيتغير . إن هرمونات مثل السايتوكاينين وحامض الجبرلين وحامض الاندول أستك أسد ستزداد . كما إن الإجهاد الرطوبي يزيد إنتاج الاثيلين الذي يسبب تساقط الأوراق والثمار

13- تحطم الاغشية Membranes Breakdown :- تعد الاغشية هدفا رئيسا للجفاف وان نموها دليلا على تضمين الاغشية للبيدات في تكيفات النبات للشد الجفافي والتخلق الحيوي للـ galactosyl glycerolipids و monogalactosyl – diacylglycrol و digalactosyl - diacylglycrol التي تعد مكونات رئيسة للبلاستيدات واغشية الثايلاكويد عملية مهمة لتحمل النبات لعجز الماء ولاعادة وضعه الطبيعي .

14- التغذية Nutrition :- الشد الرطوبي يؤثر في تثبيت واخذ وتمثيل النيتروجين ، النيتروجين الذي تثبته البقوليات ينخفض بالشد المائي وذلك نتيجة للاختزال الليكوهيموكلوبين في العقد والفعالية التخصصية للعقد فضلا عن عدد العقد . وهناك ارتباط سالب بين فعالية العقد ومقارنه الثغور .انزيم النيتروجينيز في العقد والذي يشير الى فعالية العقدة والتي تكون اقل في النباتات المعرضة للشد مقارنة بتلك التي تروى بانتظام فضلا عن ان الوزن الجاف للعقد يكون اقل وبشكل

معنوي في النباتات المعرضة للشد الرطوبي . الشد الرطوبي كذلك يؤخر تكون العقد في المحاصيل البقولية الا ان عدد البكتريودات الحاوية على خلايا لا تتاثر .

اخذ المغذي هو نتاج لمحتوى ذلك المغذي وانتاج المادة الجافة . الشد الرطوبي ربما يقلل اولا يقلل محتوى المغذيات الا انه يقلل انتاج المادة الجافة وكنتيجة لانخفاض اخذ المغذيات . هناك كمية جديرة بالاعتبار تعطي دليلا يمكن ملاحظته ذلك بان اخذ K , P , N سوف ينخفض كنتيجة للشد المائي .

اخذ K , P , N ومعدل النتح يرتبطان بدرجة كبيرة حتى تحت ظروف الشد المائي الخفيف . تمثيل النيتروجين كذلك يتاثر بزيادة مقاومة الثغور . نقص الفسفور يزيد من حساسية الاوراق المتوسعة حديثا للشد المائي وان انغلاق الثغور يحدث رغم انه لايزال هناك ضغط انتفاخ كاف في خلايا النسيج الوسطي .

15- النمو Growth :- عموما يتاثر نمو العضو بسرعة في الوقت الذي يحدث فيه الشد الرطوبي . توسع الخلايا وانقسامها ينخفض نتيجة الشد الرطوبي ماينتج عنه اختزال نمو الاوراق والسيقان والثمار . الشد الرطوبي يؤثر في الانبات ومساحة الورقة وتوسع الورقة وتطور الجذور .

الشد الجفافي خلال تطور البذور ينتج عنه انخفاض في نسبة الانبات لبذور فول الصويا وان الري يمكن ان يساعد البذور في تجاوز هذه الحالة . اعادة توزيع الماء ضمن النبات يمكن ان يساعده في مواجهة الشد الجفافي للجذور في المنطقة التي تنخفض فيها رطوبة التربة . يحدث اعادة التوزيع الداخلي للماء داخل النبات من منطقة تكون فيها رطوبة التربة عالية الى الجذور في التربة الجافة خلال المدد التي تنخفض فيها متطلبات التبخر .

النباتات تتعرض لعجز ماء اقل من محتوى الماء والجهد لمائي لانسجة تلك النباتات ويتوقف فيها نمو الخيمة النباتية ولكن ليست فعالية التركيب الضوئي والنتح وهذا مايسمح باستمرار انتاج نواتج التركيب الضوئي فضلا عن تراكمها داخل المصادر (sources) . التعديل الاوزموزي يعود الى تراكم

الكاربوهيدرات والبرولين والاوزموزيات الاخرى التي لها دور مفتاحي في استدامه انتفاخ الخلية وفعاليات الاوراق .

16- التطور Development :- عموما الشد الرطوبي يؤخر عملية النضج وعلى اية حال فان الاستجابة التطورية للنبات للشد الرطوبي تعتمد على المرحلة التي يحدث فيها ذلك الشد فاذا ما حصل قبل التزهير فان مدة نمو المحصول ستزداد بينما تقل عندما يحدث الشد المائي بعد التزهير ويعد مسار درجة الشد اليومية التي اقترحت للتنبؤ بمدة المحصول مع الاخذ بنظر الاعتبار درجة الحرارة والاضاءة ومستويات الماء في موعد النضج المحدد .

17- التكاثر ونمو الحبوب Reproduction and Grain Growth :- نظام الرطوبة خلال مدة التزهير وتطور الحبوب يحدد عدد الثمار ووزن الحبة المفردة بالتتابع . اثناء النضج الذي يتضمن نزع الماء وعمليات كيموحيوية معينة فان النظام الرطوبي له تاثير قليل جدا على مكونات الحاصل .ولنباتات محاصيل عدة خاصة الحبوبيات الشد الرطوبي اثناء نشوء السنابل او الداليات يكون حرجا ولان الداليات والسنابل اعضاء يكون نموها سريعا لذا فان غالبا ما يكون تاثرها كبيرا بنقص الماء الذي يسبب نقصا في توسع الخلايا . اطلاق حبوب اللقاح (anthesis) كذلك يكون حساسا للشد المائي ففي هذه المرحلة يسبب الشد المائي جفافا لحبة اللقاح ما يفقدها حيويتها . الشد المائي خلال مرحلة تطور الحبة يقلل الحاصل ذلك نتيجة لقلة المساحة الورقية والتركيب الضوئي فضلا عن عمليات النقل من مصادر التركيب الضوئي الذان يمدان الحبوب بنواتج التمثيل . عموما فان النمو الخضري وامتلاء الحبوب تعد اقل حساسية للشد المائي مقارنة بمراحل التطور الاخرى .

اجهاض القرنات غالبا ما يحدث في بقوليات عدة ومنها فول الصويا . معدل التركيب الضوئي وتركيز الكاربوهيدرات في الاوراق والازهار والقرنات مما يقود الى اجهاض القرنات . الجفاف يقلل معدل التركيب الضوئي والجهد المائي

للاوراق والازهار والقرنات . الجفاف يقلل السكروز في الورقة وتركيز النشأ كذلك الا انه يزيد من تركيز الهكسوز (hexose) الذي هو (كلوكوز + فركتوز) . الجاهزية المنخفضة للكاربوهيدرات الجاري تصنيعها والمخزونة في الاوراق تقترن مع ضعف امكانية الاستفادة من السكريات الواصلة الى القرنات نتيجة لانخفاض تدفق الكاربوهيدرات من الاوراق الى القرنات ومع انخفاض نسبة الهكسوز الى السكروز في القرنات وكعوامل كامنة تساهم في اجهاض القرنات تحت ظروف الشد الجفافي لفول الصويا .

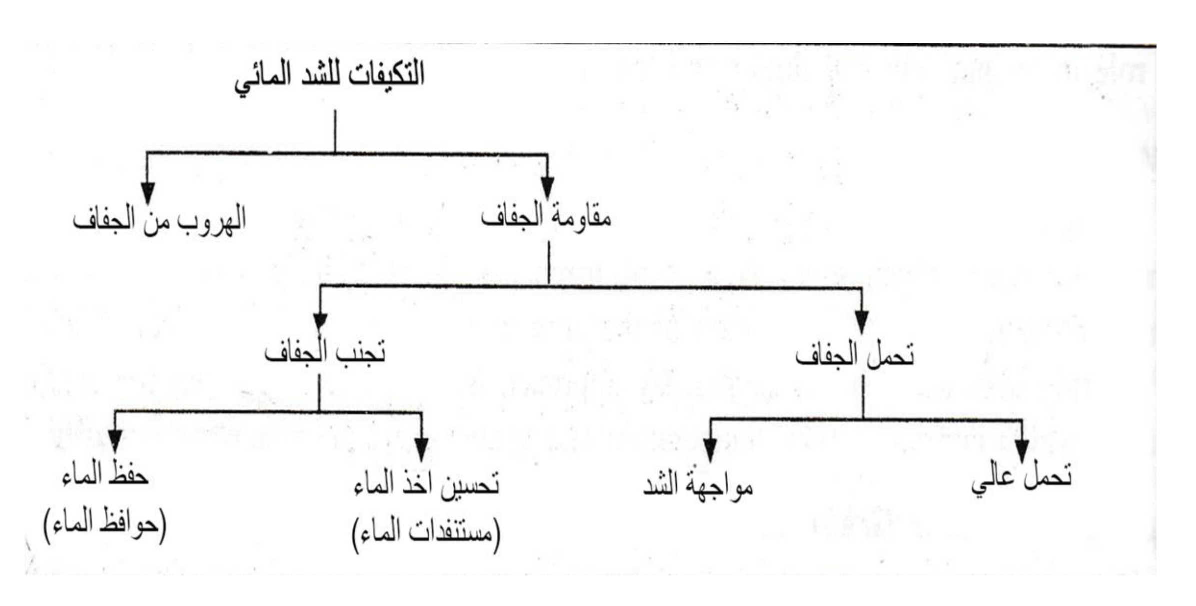
18- الحاصل Yield :- ان مقدار تاثير الشد المائي في الحاصل يعتمد بدرجة كبيرة على النسبة من المادة الجافة الكلية المنتجة والتي تعد مادة ذات قيمة لتحصد وعندما يكون الحاصل مكون من الاجزاء الهوائية للنبات (shoot) كما في محاصيل العلف ، التبغ ، محاصيل الخضر الورقية فان تاثير الشد الرطوبي يكون ذات التاثير على النمو ككل وعندما يتضمن الحاصل اجزاء جذرية (تحت الارض) كما في البطاطا ، البنجر السكري ...... الخ فان تلك الاجزاء تكون حساسة للشد المائي اما في حالة كون الحاصل يتضمن حبوب كما في الحبوبيات فان الشد المائي في التزهير يحدد الحاصل وعندما يكون الحاصل مادة كيميائية كما في النباتات الطبية او الالياف كما في المحاصيل الليفية فان الحاصل الاقتصادي يكون جزء صغير من المجموع الكلي للمادة الجافة الشد المائي المتوسط على النمو ليس له تاثير عكسي على الحاصل .

تكيفات المحاصيل Crop Adaptations

قابلية المحصول لاعطاء نمو مقنع (مقبول) تحت الشد المائي يدعى التكيف الجفافي (drought adaptation) . فالتكيف اما يكون تحوير تركيبي أو تحوير وظيفي في النباتات لتبقى حية وتتكاثر في بيئة معينة . بقاء المحاصيل حية ونموها تحت ظروف الشد الرطوبي يكون بطريقتين رئيسيتين هما :-

1- الهروب من الجفاف Escaping drought .

2- مقاومة الجفاف Drought resistance كما في الشكل (1.14)



شكل1.14. مخطط يوضح الاليات المختلفة للحد من تأثيرات الشد المائي

أولا :- الهروب من الجفاف Escaping Drought

تفادي مدة التعرض للجفاف تعني ببساطة تكيف النباتات لظروف الجفاف . عدد من النباتات الصحراوية ما تسمى بالعابرة لظروف الجفاف التي تنبت بذورها في بداية موسم المطر . تمتلك دورة حياة قصيرة جدا (5 – 7 أسابيع) التي تقتصر على المدة الممطرة . هذه النباتات لا تمتلك الية التغلب على الشد الرطوبي وهي بذلك لا تقاوم الجفاف بل تهرب منه . مثبطات الانبات تعمل كالية لحفظ بذور تلك الانواع .

محاصيل حقلية قليلة جدا تملك مثل هكذا موسم نمو قصير مثل أصناف محددة من الدخن والماش يمكن إن تنضج خلال 60 يوم بعد الزراعة . وهناك محاصيل تسمى مبكرة النضج يمكن إن تتخلص من نوبات الجفاف التي تحدث متأخرة من الموسم . إن مساوئ تربية أصناف مبكرة النضج هو انخفاض حاصلها بسبب انخفاض مدة دورة حياتها .

ثانيا :- النباتات يمكن إن تتكيف للجفاف أما بتجنب الإجهاد أو بتحمل الإجهاد بفضل اليات معينة ولكن هذه الاليات من المحتمل إن تقلل الإنتاجية أو لا تقللها (الجدول 2.14) .

جدول 2.14. اليات أو مقاومة الجفاف وتأثيراتها على الإنتاجية

ت	التقنية	العمليات الإنتاجية تنخفض أم لا (نعم أم لا)
1	**الهروب من الجفاف** - التطور المظهري السريع - المطاطية التطورية	لا لا
2	**تجنب الجفاف** أ- حفظ الماء - زيادة عدد الثغور - تقليل الإشعاع الممتص . - يقلل المساحة الورقية ب-تحسين امتصاص الماء - نظام جذري فعال - زيادة استدامة الطور السائل	 نعم نعم نعم لا لا
3	**تحمل الجفاف** استدامة الانتفاخ	لا

ثالثا :- تجنب الشد Avoiding Stress

تجنب الشد هو القابلية على إدامة (الحفاظ على) توازن الماء الجاهز واستعماله عند التعرض إلى ظروف الجفاف ، وبالتالي تجنب الشد ونتائجه . توازن الماء الجاهز تحت ظروف الجفاف يمكن الوصول إليه بوساطة :-

1- حفظ الماء بوساطة تحديد (تقييد) الماء الذي ينتحه النبات قبل وأثناء تعرضه للشد المائي .

2- تسريع امتصاص الماء بما يكفي لتعويض الماء المفقود .

الاليات لحفظ الماء Mechanisms to Conserve Water

1- آلية الثغور Stomatal mechanism :- الأصناف المقاومة للجفاف قادرة على استعمال آلية التحكم بالثغور وغلقها عندما يسود الجفاف ، كما إنها تقوم بفتح ثغورها بسرعة كبيرة في الصباح الباكر عندما يكون الشد المائي في أدنى مستوى له وبذلك تقوم بعمليات التركيب الضوئي مع اقل فقد للماء .

2- زيادة كفاءة التركيب الضوئي Increased of Photosynthesis Efficiency :- عندما تكون الثغور مغلقة تعمل كالية ضد فقد الماء ولكن التركيب الضوئي يتأثر بسبب انخفاض CO_2 الداخل خلال الثغور . بعض النباتات تتخطى هذه المشكلة بزيادة كفاءة التركيب الضوئي . في نباتات C_4 إنزيم الكربكسلة الذي يسمى Phosophoenol Pyruvic Acid Carboxylase ينجذب بصورة عالية إلى CO_2 مع مقدرة فعالية عالية لذلك فانه بنفس العدد المفتوح من الثغور تكون نباتات C_4 اعلى في مستوى التركيب الضوئي من نباتات C_3 . لذلك يقال عن نباتات C_4 بأنها مقاومة للجفاف ولها القابلية على النمو أفضل حتى تحت الشد الرطوبي ، بالإضافة إلى ذلك نباتات C_4 تنقل نواتج التركيب الضوئي بسرعة أكثر . نباتات C_4 مثل الذرة الصفراء والبيضاء والدخن وقصب السكر ممكن إن تقوم بعملية التركيب الضوئي حتى عندما يكون تركيز CO_2 (100 جزء بالمليون) بينما في اغلب النباتات فان التركيب الضوئي يتوقف عندما يكون تركيز CO_2 بحدود (100PPm) .

النباتات ذات ايض الحامض الشحمي Crassulacean acid تكون عالية المقاومة للجفاف ، فهي تفتح الثغور خلال الليل فقط وعندها تأخذ CO_2 تخزنه في الأوراق بهيئة حامض عضوي خلال النهار وعندما تكون الثغور مغلقة فان CO_2 سوف لا يدخل إلى الأوراق وعلى اية حال فان CO_2 المخزون على هيئة حامض عضوي سيتحرر الى داخل الورقة ليستعمل في عملية التركيب الضوئي

بوساطة هذه الآلية فان كمية الماء المفقودة تكون أدنى وبدون انخفاض في التركيب الضوئي ، كمثال على هذا النوع من النباتات (الأناناس والصبار الأمريكي) .

3- اللبيدات المترسبة في الأوراق Lipids Deposition in Leaves :- بعض النباتات مثل فول الصويا والذرة البيضاء تقلل فقد الماء بوساطة ترسيب اللبيدات على أسطح النباتات تحت ظروف الشد الرطوبي .

4- الاختزال في المساحة الورقية Reduction in Leaf Area :- معظم النباتات تخفض النتح بوساطة تحديد المساحة الورقية للنبات . عجز الماء يقلل عدد الاشطاء أو الفروع التي بدورها تقلل من المساحة الكلية لأوراق النبات والذي ينتج عنه نتح اقل . في الحشائش التفاف الأوراق بسبب الشد الرطوبي سيؤدي إلى تقليل المساحة المعرضة لأشعة الشمس وينتج عنه انخفاض النتح أيضا . الشيخوخة أو تدلي الأوراق آلية أخرى لتقليل المساحة الورقية .

5- سطح الورقة Leaf Surface :- تساعد مختلف الصفات المظهرية للأوراق على خفض مستوى النتح مثلا وجود طبقة كيوتكل سميكة أو سطح شمعي أو خشونة أو وجود الزغب يزيد من قابلية الورقة على انعكاس الضوء أو الأشعة الداخلة إلى الورقة وبذلك يقل النتح .

6- تأثير السفا Effect of Awns :- تعطي الأصناف المسفاة حاصل أعلى تحت ظروف الجفاف مقارنة مع الأصناف غير المسفاة . يساهم السفا بنسبة 12% من نواتج التركيب الضوئي الى الحبوب ان مقارنة مساحة النتح للسفا ونسبة مساهمته في نواتج التركيب الضوئي فان مساهمته تكون في امداد الحبوب بنواتج التركيب تكون اكثر .

7- خزن الماء في النباتات Water Storage in Plants :- تعد عملية خزن الماء في النباتات آلية للتكيف . وتكون أهميتها قليلة في نباتات المحاصيل بسبب

كون محتوى الماء الكلي لها اقل بكثير من الماء الذي تقوم بنتحه يوميا فهي تنتح 5 ملم في اليوم بما يعادل و 50 طن من الماء في الهكتار .

آلية تحسين امتصاص الماء

Mechanism to Improve Water Uptake

تجنب الجفاف يمكن ان يتعزز بتحسين تعمق النظام الجذري مع قابلية عالية على امتصاص الماء من طبقات التربة العميقة ، هذه الآلية مناسبة فقط إذا كان هناك رطوبة كافية في الطبقات العميقة للتربة وقابلة للامتصاص . امتصاص الماء يمكن إن يحسن بآليات عدة :-

1- **نظام جذري فعال (كفوء) Efficient Root System :-** عمق وتفرعات جيدة ونمو سريع للنظام الجذري يساعد في امتصاص رطوبة أكثر وذلك باستغلال حجم اكبر من التربة وهذه إحدى التكيفات المظهرية المهمة التي تساعد في مقاومة الجفاف بدون فقد في الإنتاجية . اختلاف أطوال الجذور بين الأصناف يرتبط باختلاف مقاومتها للجفاف . وقد لوحظ ذلك في فول الصويا والحنطة .

2- **نسبة الجذور إلى الجزء الخضري Root – Shoot Ratio :-** إذا كانت نسبة الجذور أكثر بالمقارنة إلى الجزء الخضري فانه يمكن حفظ توازن الماء في النبات وقد لوحظ إن الجفاف يزيد من نمو الجذور وبالتالي زيادة نسبة الجزء الجذري إلى الخضري وهذه تعد تقنية مهمة لتفادي الجفاف وبتحسين امتصاص الماء يمكن المحافظة على جهد مائي عالي لاستدامته في الاوراق وان معدل التركيب الضوئي لا ينخفض .

3- **الزيادة في توصيل الطور السائل Increase in Liquid Phase Conductance :-** للمحافظة على جهد مائي عال في النبات ، فانه ليس فقط الامتصاص هو المهم ولكن الاستدامة مهمة أيضا ، فانخفاض مقاومة الماء داخل النبات يمكن الوصول إليها بزيادة أما قطر الأوعية الناقلة أو عددها .

4- ضبط الاوزموزية Osmotic Adjustment :- يعمل الشد على زيادة تحطم الكاربوهيدرات والبروتينات مما يزيد تركيز السائل في الخلية وينتج عنه انخفاض الجهد الاوزموزي . أهمية ضبط الاوزموزية تساعد في استدامة الانتفاخ عند تطور عجز الماء وهذه تمكن النبات في الحفاظ على مستوى توسع الورقة وفعالية التركيب الضوئي فيها عند وجود شد رطوبي . بفضل استمرار الانتفاخ فان نمو الجذور يستمر حتى تحت الشد الرطوبي مما ينتج عنه امتصاص أكثر للماء كما إن ضبط الاوزموزية يزيد النقل ويساعد في زيادة حاصل الحبوب .

تحمل الجفاف Drought Tolerance

بالعودة الى الاليات المختلفة لتفادي الجفاف فان النباتات قادرة على استدامة التوازن المائي المطلوب ومعاكسة التاثيرات التي يسببها نقص الجهد المائي في تحمل الجفاف فان الجهد المائي للنبات ينخفض ويظهر تاثير معاكس . ويمكن ان يعرف تحمل الجفاف على انه مقدرة النبات على تحمل مستوى من الشد الذي تموت فيه 50% من الخلايا . ان اداء النباتات العليا يعتمد على التكامل الوظيفي للخلايا التي ربما تضطرب بالجفاف . تحمل الجفاف يكون اما بمجابهة الشد او باظهار درجة من التحمل .

مجابهة الشد Mitigation Stress

ان ابسط طريق لمجابهة الشد هو بمقاومة نزع الماء وعن طريق استدامة ضغط اوزموزي عال وذلك بوساطة تراكم كميات اعلى من الذائبات . الاوراق ذات طبقة الكيوتكل السميكة تقاوم انهيار الخلية .

درجة عالية للتحمل High Degree of Tolerance

ان موت النباتات يمكن تجنبه سواء عن طريق تقليل الاجهاد الأيضي او الاجهاد المرن (Plastic strain) خلال الجفاف . التأثير العكسي للجفاف على ايض النباتات يعرف على انه اجهاد ايضي (Metabolic strain) . موت الخلايا يحدث سواء كنتيجة للاختزال الذي يحصل في عمليات ايض الكاربون (التركيب الضوئي) او ايض النيتروجين (تمثيل البروتين) عندما يتعرض النبات لشد قاسي . الثغور تغلق بصورة دائمية مما ينتج عنه توقف عملية التركيب الضوئي وحصول تجويع (Starvation) للنباتات . وعلى اية حال فان النباتات قادرة على المحافظة على انتفاخ جزئي للثغور يمكن ان يحصل من خلالها تركيب ضوئي والبقاء . وما يلي حصول الجفاف فان البروتين سيتحطم الى احماض امينية . تحطم البروتين ربما ينتج عنه تراكم النواتج الى مستويات سامة . في حالة الجفاف النباتات المقاومة فان صافي الفقد في RNA سيتم منعه والنباتات تكون قادرة للاستمرار بتركيب البروتين من الاحماض الامينية . الاوراق الفتية اكثر مقدرة على مقاومة الجفاف من تلك الاوراق الاقدم نتيجة لمحتواها العالي من البروتين . الاجهاد المرن يشير الى فقدان في انسجة النبات لا يمكن رده نتيجة للشد القاسي . الالية تتضمن قتل الاجزاء التي تقوم بالنتح والاحتفاظ بالاجزاء التكاثرية دون جفاف . في انواع من عده من النباتات المعمرة فان الاجزاء فوق سطح الارض تموت خلال مدة الجفاف اما الاجزاء تحت سطح الارض كالرايزومات والدرنات والكورمات والابصال.......الخ تبقى حية وفي حالة سكون .

تقييم الجفاف Drought Evaluation

مقاومة الجفاف قضية معقدة لعدد من الخصائص الفسيولوجية والمظهرية والحيوية او غير محددة اذ لا يوجد اي معيار محدد بحيث يكون كاف لانتخاب التركيب الذي يحمل صفة المقاومة للجفاف ، وهناك توافيق بين عدد من الخصائص

المرغوبة التي يمكن اعتمادها في عمليات الانتخاب لكن المشكلة عدم اليقين الكاملة في تحديد المساهمات المرغوبة التي تحدد المقاومة للجفاف . تحديد مقاومة الجفاف في النباتات بوجود مساهمات مرغوبة تحتاج الى معرفة للمساهمات التطورية والفسيولوجية والمظهرية والتشريحية التي تساهم في تكيف النباتات لظروف المناطق الجافة وشبه الجافة .

الاليات التطورية Development Mechanisms

التكيف في التطور الهيئوي (تطور سمات النبات) تم التعرف عليه في بعض المحاصيل فمثلا عجز الماء الخفيف في المراحل الاخيرة من الطور الخضري يعمل على حث بزوغ السنابل والنضج . اللدونة الهيئوية (Phenological plasticity) تكون موجودة في النباتات غير المحدودة النمو وذات الاشطاء والاغصان . عدد قليل من الاغصان او الاشطاء يكون ضروريا لابداء المرونة تحت تغيير الظروف البيئية المحيطة بالنبات . في نباتات المحاصيل فان تقدما كبيرا قد حصل في مجال التربية تحت ظروف محدودية الماء وذلك عن طريق تقصير دورة الحياة .

1- **التكيفات المظهرية Morphological Adaptation :-** التراكيب الوراثية التي تظهر تغيرات في زاوية الورقة وتستعيد نشاطها بسرعة بعد الشد لها المقدرة على مقاومة الجفاف . تظهر هذه الحالة في اغلب البقوليات ونباتات زهرة الشمس كما إن اختلاف الأصناف في عمق الجذور مكن مربوا النبات من استغلال هذه الظاهرة في تربية الأصناف المقاومة للجفاف .
2- **التكيف التشريحي Anatomical Adaptation :-** بالإضافة إلى المحافظة على جهد ماء عال في الأوراق ، لاسيما تحت متطلبات تبخر عالية ، فلابد للنبات إن يكون قادر على امتصاص كمية اكبر من الماء ونقله بسرعة إلى الأوراق لسد العجز الذي يحصل . تقليل مقاومة سريان الماء في النبات يمكن تحقيقها أما بزيادة قطر أوعية الخشب الناقلة أو زيادة عددها .

3- تكيفات فسيولوجية Physiological Adaptation :- النباتات التي تغلق ثغورها عند متطلبات النتح العالية وتفتحها بسرعة عند انخفاض الطلب على النتح تكون مفيدة وذات فعالية في مقاومة الجفاف وقابلية النبات على الاستمرار بمستوى عال من التركيب الضوئي تحت الشد الرطوبي يعد إحدى معايير الانتخاب للأصناف المقاومة للجفاف . الجفاف يؤدي إلى تراكم البرولين وهو المعيار الأخر في المحاصيل المهمة مثل الشعير وفستق الحقل .

إن بقاء البادرات والنباتات الكاملة على قيد الحياة يمكن إن تستعمل كمقياس لتحمل الجفاف . نباتات C_4 تكون مفضلة في المناطق الجافة وانتخاب نباتات C_3 مع قابلية كيموحيوية عالية لتثبيت CO_2 عند اقل التراكيز تكون مفيدة أيضا في تحمل الجفاف . كما إن انتخاب النباتات التي لها وزن أوراق نوعي عال يمكن إن تزيد الحاصل بوساطة زيادة التركيب الضوئي . النباتات التي لها المقدرة على التعديل الاوزموزي يتم انتخابها .

4- صفات مختلفة Miscellaneous Characteristics :- هناك صفات مختلفة للنبات مثل الاتجاه الأفقي للأوراق وحاصل زهري كبير وورقة علم كبيرة و أعداد أكثر من الحبوب وسنيبلات متراصة وسفا كبير تعد صفات مرغوبة في الحبوبيات باختصار إن صفات النبات المرغوبة لمقاومة الجفاف هي :-

- إنبات سريع مع تأسيس سريع لجذور عميقة .
- سرعة تطور هيئة وسمات النبات المختلفة .
- مرونة التطور .
- حساسية الثغور فقط إلى العجز الكبير في ضغط بخار الماء وعدم حساسيتها إلى الجهد المنخفض لماء الورقة .
- القابلية على تنظيم الاوزموزية .
- نقل عال لمواد صافي التمثيل من الساق إلى الحبوب .
- تحمل نزع الماء ، خصوصا عند الإنبات وفي مرحلة ملئ الحبوب .

بالإضافة إلى ماجاء أعلاه ، صفات مثل نظام جذري فعال وقابلية الجذور على النمو في ترب جافة ومعدلات عالية من التركيب الضوئي مع أوراق صغيرة وسميكة هي الأخرى مرغوبة لمقاومة الجفاف .

اعادة التحريك للخزين Remobilization of Reserves

هناك مصدران لتجهيز صافي التركيب الضوئي لتطور ونمو الحبوب في الحبوب والبقوليات وهما من التركيب الضوئي قبل عملية التزهير وبعد التزهير . تحت الظروف الطبيعية فان مساهمة صافي التركيب المخزون قبل التزهير مثل ملئ الحبوب لا يتجاوز 20% في اغلب النباتات عدا الرز اذ يتراوح بين 20 – 40 % الا ان تحت ظروف الشد الرطوبي ربما يصبح اعلى من 50 الى 75 % . نجاحات محدودة في مجال تحديد سلالات الحنطة والشعير التي لها المقدرة العالية على اعادة التحريك ونقل نواتج التركيب الضوئي قبل التزهير والمخزونة في اجزاء مختلفة من النبات باتجاه الحبوب تحت ظروف الشد المائي الا ان هذا يجب ان لا يكون عائق بوجه التقصي عن هذه الصفة في مدى واسع من التراكيب الوراثية ومحاولة استثمارها في تربية تراكيب وراثية لها المقدرة العالية في عمليات اعادة التحريك ونقل مخزون نواتج التركيب الضوئي قبل التزهير وباتجاه الحبوب تحت ظروف الجفاف وخاصة المتاخر .

التربية لمقاومة الجفاف Breeding For Drought Resistance

ان تطوير نباتات متحملة للجفاف وراثيا من خلال مسارات نقل جينات عدة تم اخذها بنظر الاعتبار لتحسين تحمل نباتات المحاصيل للشدود المائي . تتضمن الجينات المنقولة تلك التي تحمل الشفرات الوراثية للانزيمات المطلوبة للبناء الحيوي للمواد المختلفة التي لها فعالية حفظ ضغط اوزموزي او تلك التي تحمل شفرات لانزيمات لها

علاقة بتحوير لبيدات الاغشية او انزيمات مضادة للتسمم او نسخ العوامل القادرة على استحداث الشد .

في المراحل المبكرة من حدوث الشد المائي فان تطور جذور الرقي البري (الذي يعرف بتحمله للجفاف) فانه يتحفز للتطور بسرعة وبشكل معنوي مقارنة بالنباتات المروية وهذا مايشير الى تفعيل الية تحمل الجفاف لامتصاص الماء من اعماق بعيدة من التربة ومن خلال اخذ تلك الملاحظات بنظر الاعتبار و مقارنة تحلل البروتينات وجد ان بروتينات عدة تستحدث في المراحل المبكرة من الشد الجفافي التي تتضمن عملية التمايز المظهري وايض C / N التي ربما تساهم في تفادي الجفاف مقابل تشجيع نمو الجذور وفي الجانب الاخر تمثيل اللكنين الذي له علاقة بالبروتين والمرافقات الجزيئية (Molecular chaperones) التي ربما تؤدي وظيفة استحداث وتشجيع تحمل التجفيف الفيزيائي واستدامة تكامل البروتين بالتتابع ويكون الحث اغلبه في المراحل المتاخرة من الشد الجفافي .

ولفهم اسس الوراثة الجزيئية التي تسيطر على صفة تحمل الجفاف في الحشائش فان مكمل باستخدام تقنية التضاعف المتعدد لاطوال قطع الـ DNA (cDNA AFLP) يكون مفيدا في تحديد الجينات المسؤولة عن الشد الجفافي . وان بما مجموعه 11.346 قطعة مشتقة من القطع المستنسخة Transcript Derived Fragment (TDF_s) قد تكشفت و 464 (4.1 %) قطعة مشتقة مستنسخة تم تحديدها كقطع ذات تعبير مختلف Differentially Expressed Fragments) (DEF_S اثناء معاملة النباتات بالشد . ان انماط التعبير لتلك القطع (DEF_S) يتضمن تنظيم فوقي Up – regulated (30 %) وتنظيم تحتي Down – regulated (54.3 %) والمتبقي (16.7 %) من التغيرات الانتقالية التي ظهرت .

لقد تم تطوير مجتمعات من التلقيح بين اباء متباينة في تحملها للجفاف التي استعملت لتحديد العناصر الوراثية التي لها علاقة . الجفاف في المحاصيل وفي مثل

هكذا دراسات فان تحليل الاختلافات المظهرية وتحديد التباين الوراثي الذي يعد من المكونات المهمة في هكذا دراسات .

فقدان السيقان للون الاخضر وشيخوخة الاوراق والذبول وتراكم الانثوسيانين تعد من الخصائص التي لها علاقة بمقاومة الجفاف . البقاء واستعادة الوضع الطبيعي بعد الجفاف تعد مهمة في موضوع تحمل الجفاف . فقدان اللون الاخضر للسيقان يرتبط مع البقاء واستعادة الوضع الطبيعي في اللوبيا . الشيخوخة المستحثة بالجفاف ترتبط بفقدان اللون الاخضر في السيقان ، اعادة الوضع الطبيعي والبقاء . تحليل التضاعف الطولي للقطع المحددة لـ 12 مكمل (complementary) من DNA له علاقة بالجفاف ولدت 29 حزمة (bands) مضاعفة من بين 14 تركيب وراثي . سبعة من تلك الحزم كانت مرتبطة مع الصفات المظهرية التي لها علاقة بالجفاف . ان الاساس الوراثي الجزيئي والخلوي والاستجابات التطورية للجفاف تتضمن جينات وظيفية عدة تنظم بوساطة جاهزية الماء . ان المسارات على الاساس الجينومي تعطي السبيل للوصول الى الاليلات المرغوبة في المحاصيل المختلفة والموجودة على مواقع الصفات الكمية Quantitative Trait Loci (QTL_s) التي تؤثر في مثل هكذا استجابات ولهذا فانها تمنحنا المقدرة لتحسين تحمل الجفاف والحاصل للمحاصيل تحت ظروف محدودية الماء وبكفاءة اعلى . انتخاب المعلمات المساعدة (Marker – assited) كذلك تساعد مربوا النبات لتحسين الصفات التي لها علاقة بتحمل الجفاف . التحليل المتتابع مع البيانات ونواتج الجينات سوف تسهل في تحديد وكلونة (Cloning) الجينات في مواقع الصفات الكمية المستهدفة (QTL_s) .

الانتخاب للمحاصيل العالية تحت ظروف خالية من الشد يمكن من خلالها تحسين الحاصل مباشرة في عدد من البيئات محدودة المياه . الانتخاب المباشر للحاصل تحت الظروف الطبيعية (بدون شد) يمكن ان ينتج حاصل نحصل عليه تحت ظروف الشد دون ان يحدث اختزال كبير في الحاصل الاقصى (potential) . مع ان موقع

الصفات الكمية (QTL) امكن تحديده على كروموسوم 1 قرب (sd1) والذي يوضح 32% من التغيرات الوراثية للحاصل تحت ظروف الشد في الرز لكن فقط 4 % فقط تحت ظروف عدم وجود شد . كان تاثيره ثابت عبر السنين . موقع الصفة الكمية (QTL) هذا حسب لمزيد من التغايرات في الحاصل تحت الجفاف ولم يتم حسابه بوساطة التغايرات التي تحصل في الحاصل الاقصى .

ان عملية جمع الصفات المظهرية للجذور والصفات الفسيولوجية للنبات التي رافقت تحمل الجفاف نتج عنها تحسين مقاومة القطن للجفاف . معايير الجذر ونمط فقد الماء من الورقة يمكن اتخاذهما كمعيارين يعول عليه في عملية الانتخاب لتحمل الجفاف . التعبير الجيني والتحليل الايضي تعد صفات معول عليها وبدقة متناهية لتحديد تحمل الجفاف سواء في واحد او الكلونات كلها . وهذه الصفات تتضمن التعديل الاوزموي والتغير في ايض الكربوهيدرات وتحورات الغشاء وصلابة الكيوتكل واليات انقاذ الخلية مثل ازاله التسمم الذي تولده الجذور الحرة واستقرارية البروتين . عدد من الجينات المنظمة تم تحديدها سابقا في المختبر على نباتات نموذج استعملت فيها معاملات الصدمة والدراسات الحالية اكدت اهمية تلك العوامل تحت الظروف الحقلية.

تغايرات الاصناف وجدت مع السمات التي تتعلق بحاصل القرنات وانتاج الكتلة الحيوية وكفاءة استعمال الماء (WUE) وتنظيم الثغور وتحمل غشاء الخلية . هناك استراتيجيتان تنسجمان مع عجز الماء تم تحديدهما الاستراتيجية الاولى شخص بوساطة السرعة العالية لفقد الماء وغلق متاخر للثغور واضرار قليلة لغشاء الخلية تحت ظروف الجفاف اما الاستراتيجية الثانية فقد تتضمنت الخصائص المعاكسة ، مما يقود الى استدامة اعلى للحالة المائية مما ينتج عنها تركيب ضوئي اقل وكذلك الحاصل . التبكير الذي يترافق مع كفاءة اعلى لاستعمال الماء واستدامه الثغور وتحمل غشاء الخلية تعد صفات رئيسة يمكنها استدامة حاصل مقبول تحت انماط جفاف متغيرة في

الحقل . تلك الصفات يمكن الكشف عنها في مرحلة مبكرة وبذلك مكنت القائمين لعمل تكامل كفوء في برامج تربية فستق الحقل لتكيف الجفاف .

DREB الجين المناظر المستحدث وهو العنصر المرابط للبروتين المسؤول عن نزع الماء (Dehydration Responsive Element Binding Protein) ، DREB GmDREB2 عزلت من فول الصويا . واستنادا الى تشابهها مع AP2 السائد GmDREB2 صنف الى تحت مجموعة A-5 في تحت عائلة DREB في عائلة AP2 / EREBP . التعبير من قبل جين GmDREB2 ثم استحداثه بوساطة معاملات الشد لكل من الجفاف و ملوحة عالية وحرارة منخفضة وحامض الابسيسك . GmDREB2 ارتبط بشكل خاص بعنصر DER في الوسط الغذائي خارج الجسم الحي (invitro) . فضلا عن ان التعبير الفائق للـ GmDREB2 نشط التعبير للجينات باتجاه واحد في النباتات التي نقلت اليها قطعة DNA ، مما نتج عنه تعزيز تحمل الشد الجفافي وشد الملوحة العالية ولم يسبب اعاقة في النمو . ان تحليل محتوى البرولين الحر في التبغ الذي نقلت اليه قطعة DNA اشار الى ان التعبير الفائق لجين GmDREB2 قد راكم مستويات عالية من البرولين الحر مقارنة بنباتات الطرز البرية تحت ظروف الجفاف .

واشارت النتائج الى ان الوظيفة المهمة لجين فول الصويا المستحدث (GmDREB2) هو انه ادى عمل كمنشط للاستنساخ والذي يمكن ان يكون مفيدا في تحسين تحمل النباتات للشدود غير الاحيائية في النباتات .

الفركتوز المبلمر (fructose) الذي هو عبارة عن بوليمرات ذائبة للفركتوز التي تنتج بنسبه 15% تقريبا من قبل الانواع النباتية المزهرة .انتاج الفركتوز المبلمر البكتيري في التبغ تم ملاحظته سابقا ليقود الى تحسين انتاج الكتلة الحيوية تحت الشد الجفافي المستحدث بالبولي اثيلين – كلايكول .

جين SacB الماخوذ من *Bacillus subtitis* استعمل لانتاج الفوكتوز المبلمر البكتيري في البنجر السكري . ان البنجر السكري الذي نقل له ذلك الجين راكم فركتوز مبلمر الى مستويات منخفضة (اقصى حد هو 0.5 % في المادة الجافة) في كلا من المجموع الجذري والخضري .

سلالاتان مستقلتان من البنجر السكري التي نقل اليها جينات انتاج الفركتوز المبلمر اظهرت نمو افضل وبشكل معنوي تحت ظروف الجفاف من تلك التي لم ينقل لها .

النباتات التي انتجت فركتوز مبلمر حققت اعلى وزن جفاف كلي (25 – 35%) اكثر من الطرز البرية للبنجر السكري الذي نجم عن كمية اعلى للمادة الجافة المنتجة في الاوراق بنسبة (30 – 33 %) والجذور الخازنة بنسبة (16 – 33 %) والجذور الليفية (37 – 60 %) وتحت ظروف وفرة المياه لم تلاحظ فروق معنوية بين النباتات التي نقلت اليها الجينات عن الطرز البرية ومن هنا نستنتج ان ادخال عمليات تمثيل الفركتوز المبلمر في النباتات التي نقلت لها جينات يعد مسار مشجع لتحسين انتاجية المحاصيل تحت ظروف الجفاف .

النظام الجذري الجانبي والمتعمق يقترن بعملية تشجيع لتجنب الجفاف المتاخر في محصول الحمص . هذا البحث تم من خلاله تقييم صفات الجذور لـ 257 سلالة داخلية اقترانية (Recombinant Inbred Line (RILs التي تم الحصول عليها من التلقيح سلالة محسنة مع سلالة ذات نظام جذري كبير (ICC4958) وصنف ذات خصائص محصولية مرغوبة (Annigeri) لتقدير القدرة الكامنة من اجل تحديد موقع الصفة الكمية (QTL) لصفات الجذور المرغوبة ولمعرفة العلاقة بين خصائص الجذر ونمو النبات وحاصل البذور تحت الشد الجفافي المتاخر . لقد تم ملاحظة تغاير وراثي جوهري بين افراد مجتمع السلالات (RIL) لكثافة طول الجذر

، والوزن الجاف للجذور والمجموع الخضري بعد 35 يوم من الزراعة وكذلك للوزن الجاف للمجموع الخضري وحاصل البذور عند النضج .

لقد وجد علاقة خطية بين الوزن الجاف للجذور والوزن الجاف للمجموع الخضري بين افراد RILs بعد 35 يوم من الزراعة . التوزيع الشامل لكثافة طول الجذور والوزن الجاف للجذور بين RILs اشارت الى ان الصفات تلك تبدو وكانها تحت تاثير جينات عدة . توريث الوزن الجاف للجذور كان 0.27 وطول الكثافة الجذور 0.23 مقارنة مع 0.49 للوزن الجاف للمجموع الخضري للمرحلة نفسها . سلالات RILs اظهرت مدى من التوافقات لحجم الجذور وحاصل الحبوب ومع ان اعداد قليلة من هذه السلالات RILs . اظهرت نظم جذرية كبيرة وحاصل بذور عال ، وعلى اية حال فلم يكن هناك ارتباط عام بين حاصل البذور و وزن الجذور . وزن الكتلة الحيوية الجافة للمجموع الخضري ودليل الحصاد ساهما في حاصل البذور العال لافراد RILs .

الشد الجفافي يولد تحويرا في هيئة النبات وبالتالي فانه يؤثر في مكونات الحاصل . الشد الجفافي يبدو وكانه يقدح الاشارة التي تسبب تحول (Switch) لتطور النبات من المرحلة الخضرية الى المرحلة التكاثرية في فول الصويا . ظهور العقد التي تنشأ تحت ظروف الجفاف يتاخر مما ينتج عنه قلة في عدد العقد الناتجة الا ان ظهور الازهار والقرنات يتم حثه بالتعرض للجفاف كل الطور التكاثري يكون قصير المدة تحت ظروف الجفاف ويعود ذلك بالدرجة الرئيسة الى ان ظهور اعضاء جديدة سوف يعمل على اعاقة بزوغ اعضاء تعود الى الاطوار التطورية المبكرة . مرحلة امتلاء البذور وفي النهاية اجهاض البذور يبدأ مبكرا للنباتات الواقعة تحت الشد وان مدة النضج سوف تختزل بشكل معنوي نتيجة للشد في مدة امتلاء البذور مما يقود الى الاسراع في الشيخوخة غالبا ما تختلف الاصناف بصلتها بتلك الستراتيجيات المتعلقة باعادة التوزيع بين الساق الرئيسي والفروع . تحت ظروف الشد فان مدة الطور

التكاثري الرئيس ازداد على الساق الرئيس الا انه قل على الفروع في احد الاصناف اسمه (weber) بينما كان الاستجابة بالعكس لصنف اسمه (Spot) .

سلالات زهرة الشمس التي تمتلك مقدرة عالية للتعديل الاوزموزي تكون اكثر قدرة لاستخلاص الماء من مقد التربة خلال مدة الشد (117 ملم مقابل 63 ملم) ولها كتلة حيوية للمجموع الخضري كبيرة ودليل حصاد عالي عند النضج الفسيولوجي وحاصل حبوب اكثر (30 %) ولا يوجد تاثير للتعديل الاوزموزي على تلك الصفات في معاملة المقارنة (بدون شد) . حجم البذرة بدلا من عدد البذور كمكون حاصل اكثر تاثرا بمستويات التعديل الاوزموزي . ان استدامة الحاصل تحت ظروف الجفاف يعزى الى كمية المادة الجافة المنتجة قبل التعرض للجفاف وزيادة دليل الحصاد من خلال عمليات النقل واعادة التوزيع .

الجفاف الذي يحصل عند منتصف موسم النمو ليس له تاثير على محتوى الزيت والبروتين والاحماض الدهنية في فستق الحقل الا ان الجفاف الذي يتعرض له المحصول في المراحل الاخيرة من موسم النمو يؤدي الى خفض نسبة الزيت الكلية ومحتوى الحامض الدهني لينولك ويعمل على زيادة معنوية في محتوى البروتين ومحتوى حامضي الستيارك (stearic acid) وحامض الاوليك .

الشد الجفافي يقلل وبشكل معنوي المادة الجافة والنتح ومحتوى الكلوروفيل على مستوى التراكيب الوراثية الا انه يزيد من كفاءة النتح وكثافة الكلوروفيل (محتوى الكلوروفيل لكل وحدة مساحة ورقية) في الفستق . هناك اختلافات معنوية بين التراكيب الوراثية لمعايير كفاءة النتح ومحتوى الكلوروفيل . ان معامل الارتباط (correlative coefficient) بين المادة الجافة ومحتوى الكلوروفيل وبين كفاءة النتح وكثافة الكلوروفيل كانت معنوية موجبة . هناك علاقة قوية معنوية موجبة بين كثافة الكلوروفيل وقراءة (SPAD) وبين قراءة (SPAD) وكفاءة النتح مما يقود الى ان جهاز قراءة الكلوروفيل يمكن ان يستعمل كوسيلة للتقييم السريع .

الصفات ذات العلاقة بالتركيب الضوئي مثل محتوى الكلوروفيل ، نشوء التوهج (Initial fluorescence (FO واعلى حاصل اولي للكوانتم بالنسبة للنظام الضوئي الثاني (Fv/ Fo) واعلى حاصل اولي للكوانتم بالنسبة للنظام الضوئي الثاني (Fv/ Fm) ربما تساهم في تحمل الجفاف . كل تلك الصفات تاثرت سلبا في اربعة تراكيب وراثية في مستويات مختلفة للشد الجفافي بعد التزهير مباشرة الا ان النقص في التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف كان اقل نسبيا ومن ناحية اخرى فان محتوى الكلوروفيل Fo و (Fv/ Fo) و(Fv/ Fm) يمكن اعتبارها مؤشرات مهمة في عملية الغربلة التي جري على التراكيب الوراثية للشعير لانتخاب الاصناف المتحملة للجفاف .

Phosphatidylinositol – Specific phospholipase C(PI – PLC)
تؤدي دورا مهما في تغايرات الفعاليات الفسيولوجية في النبات التي تتضمن الجفاف ولقد تم التوصل الى ان جين ZmPLCI الذي تم كلونته من الذرة الصفراء والمعلم (PI – PLC) الذي يقوم بتنظيم التعبير في جذور الذرة الصفراء تحت ظروف نزع الماء . تحت ظروف الشد الجفافي فان النباتات التي نقلت اليها المادة الوراثية (الجينات) لها محتوى ماء نسبي اعلى وذا تعديل اوزموزي افضل وازدادت فيها معدلات التركيب الضوئي وفيها نسبة اقل لارتشاح الايونات واكسدة اقل للبيدات الاغشية وحاصل اعلى من تلك التي لم تنقل اليها الجينات .

الانتخاب الذي اجري على اصناف من الرز وعلى صفات مثل دليل الحصاد ، التفاف الاوراق وجفاف الاوراق لم تؤدي الى تحسين الحاصل بينما الانتخاب المباشر لحاصل الحبوب للنبات زاد من حاصل الحبوب تحت ظروف الشد المائي .

الانزيمات المضادة للاكسدة تؤدي دورا مهما في تحمل الشدود غير الاحيائية كانزيم (Superoxide dismutase (SOD الذي يعد الانزيم الاول في مسار مضادات الاكسدة الانزيمية . النباتات الملحية مثل نبات المانكروف (mangroves)

وجد انه يحوي على مستويات عالية لفعالية انزيم SOD التي تؤدي دورا رئيسا في قدرة النبات في تحمل ظروف الشدود غير الاحيائية .

الاعضاء الانثوية للذرة الصفراء تكون حساسة للشد الجفافي مما يؤدي الى فشل الطور التكاثري ويحصل انخفاض شديد في الحاصل . دور الجينات المرتبطة بالفعاليات الايضية كانت المجموعة الاكبر (حوالي 27%) والجينات التي لها علاقة بتخليق البروتين ومصير البروتين والاستنساخ ودورة الخلية وعملية DNA كانت 16 و 10 و 10 و 9 % على التتابع .

موقع الصفة الكمية (QTL) لحاصل الحبوب على الموقع الاقرب لكروموسوم 4AL وجد ان لها تأثيرا جوهريا في الاستدامة تحت ظروف نقص الرطوبة وهذا الموقع كان مرتبطا مع موقع الصفة الكمية QTL لحاصل الحبوب ومعدل امتلاء الحبوب وتراص السنبلة وحاصل الحبوب بالمتر المربع وانتاج المادة الجافة ومعدل انتاج المادة الجافة ودليل الحساسية للجفاف (DSI) . الموسومات الجزيئية (Molecular markers) ارتبطت مع تلك الصفات التي ظهرت 20 ، 33 ، 23 ، 30 ، 26 ، 41 % من التغايرات الهيئوية على التتابع على كروموسوم 4A . وهناك دلائل كثيرة يمكن ان تستعمل في تقييم مقدرة النباتات على التحمل الجفافي .

تطوير الموارد والانتفاع بها

Resource Development and Utilization

تعد الأمطار والتربة والنباتات من أهم الموارد الطبيعية. إن تنمية الموارد والاستعمال الكفوء تعدان سمتان مهمتان جدا لتحقيق حاصل جيد ومستقر تحت ظروف الأراضي الجافة . مياه الأمطار التي نحصل عليها في الأراضي الجافة وشبه الجافة ، نقوم بخزنها أما على التربة أو في داخل التربة . موارد التربة يمكن تحسينها بوساطة مايأتي :-

1- فهم ومعرفة التربة عن طريق تقسيمها الى مجاميع اوتصنيفها .
2- تعديل ومعالجة عناصر الضعف في التربة سواء بإجراء التسوية ، أو إضافة المحسنات....... الخ .
3- زيادة قابلية الخزن للترب .

يمكن تطوير موارد النباتية بوساطة الانتخاب أو التربية للأصناف المقاومة للجفاف التي تكون ملائمة لظروف البيئات الجافة وشبه الجافة .

1- حصاد المياه Water Harvesting :- تجميع وخزن المياه لاستعمالها لاحقا يسمى حصاد المياه وهي طريقة لجمع وخزن وحفظ الماء في موقع سطحي على التربة في المناطق الجافة وشبه الجافة ، فالأراضي الماسكة للماء يجب إن يكون لها مواصفات جيدة للخزن بالمقارنة مع الأراضي التي تستعمل فيها هذا الماء وهناك طرائق عدة لحصاد المياه في كلا الأراضي الجافة وشبه الجافة .

2- استحداث الجريان Inducing Runoff :- حصاد مياه الامطار من المحتمل إن تكون مناسبة في الأراضي التي تكون فيها ألامطار الموسمية اقل من 50 – 80 ملم ، قديما كانت مياه المطر تحصد بوساطة إعادة توجيه اتجاه جريان الماء بعمل انحدار منخفض إلى الحقل اوالى أحواض . هذه الكميات القليلة من مياه الجريان المتجمعة يمكن إن تجهز إلى القرى الصغيرة وللاستعمالات البيتية وللمواشي. لغرض تجميع اكبر كمية من مياه الأمطار يستحث الجريان أما بوساطة تعديل الأرض أو المعالجات الكيميائية وتشمل :-

أ- **تعديلات الأرض Land Alterations :-** بإزالة الصخور والغطاء النباتي ودك سطح التربة كلها يمكن إن تزيد الجريان .

ب-**المعالجة الكيميائية Chemical Treatment** :- وهذه تستند إلى ملئ الحفر ببعض المواد الكيميائية مثل أملاح الصوديوم والاسفلت والسيليكا والشمع .

3- طرائق حصاد المياه Method of Water Harvesting :- الطرق المختلفة لحصاد المياه التي تستعمل في المناطق الجافة وشبه الجافة هي كما يلي :-

أ- **المناطق الجافة Arid Regions :-** في هذه المناطق يمكن إن تنمو النباتات مع وجود الأمطار القليلة إذا ما تم مسك الماء بشكل يكون حول النبات وقريب منه وعموما فان المحاصيل المعمرة تكون مناسبة لهكذا مناطق .

1- **نظام حصاد المياه بين الخطوط Inter – Row Water Harvesting Systems :-** وهو نظام الثنية والتقعر (الارتفاع والانخفاض) ، اذ تجمع المياه من الثنيات وتخزن في القعر التي تجهز المحصول بالرطوبة الكافية . الثنيات (الاكتاف) يمكن إن تترك بدون حراثة ، بينما تجرى العمليات الزراعية على القعر فقط لتحضير مهد البذور .

توفر الثنيات الظل الجزئي للمنخفضات بحدود 6 – 7 ساعات في اليوم، وبذلك تقلل التبخر في المرحلة الأولى (بعد الأمطار مباشرة) بحدود 25 – 35 % . يمكن استغلال هذه الثنيات والقعر لعمل نظامين لمهد البذور احدهما في الاكتاف (الثنية) لزراعة فول الصويا والأخر في القعر (المنخفض) لزراعة محصول الرز ، وبذلك تستطيع إقامة محصولين بنفس كمية الماء المتوفرة في إن واحد وبنفس المكان .

2- أنظمة حصاد المياه التقليدية Traditional Water Harvesting Systems

- **خزانات تحت الأرض :-** تجمع مياه الأمطار الجارية على سطح التربة وتوجه إلى هذه الخزانات تحت الأرض لغرض استعمالها وقت الحاجة .
- **الجدران العمودية** :- والتي تبنى من الصخور والاسمنت وتكون جاهزة لخزن المياه فيها وتختلف كمية المياه التي تخزن في هذه الخزانات وذلك اعتمادا على حجم الخزان وقوة الجدران .

ب-**المناطق شبه الجافة Semiarid Regions :-** هناك تقنيات عدة لحصاد المياه التي تستعمل في المناطق شبه الجافة وهي كما ياتي :-

1- حفر الآبار Dug Wells :- حفر الآبار يدويا ، تستعمل لتجميع وخزن المياه تحت الأرض ثم يعاد استعمالها في الري . نوعية المياه هذه عموما تكون رديئة النوعية بسب الأملاح الذائبة .

2- الخزانات Tanks :- مياه الجريان من الهضاب والغابات تجمع في خزانات أو أحواض .

3- خزانات الرشح Percolation Tanks :- السواقي والجداول الجارية تكون مسدودة عادة من النهاية وهي على شكل مستنقع ماء (بركة) وان الماء من هذه السواقي والجداول يترشح في التربة على جانبي هذه الجداول ويمكن عمل خزانات مجاورة لهذه الجداول تتجمع فيها مياه الرشح وتستعمل لأغراض الري التكميلي .

4- البرك الحقلية Farm Ponds :- البرك الحقلية بحجم 100 – 300 $م^3$ ، تحضر لخزن حوالي 30% من ماء الجريان . المشكلة في البرك الحقلية هو الفقد العالي بالترشيح وهذه يمكن تقليلها بتبطين البرك بالجدران أو باستخدام الاسمنت في الجوانب وأسفل (قاع) البركة .

5- حصاد المياه بين الخطوط Inter – Row Water Harvesting في المناطق ذات الأمطار الغزيرة يمكن استغلال المياه لزراعة أكثر من محصول مثل زراعة الذرة الصفراء في قمة المرز والرز في الأسفل مما يساعد على زيادة الحاصل لكلا المحصولين .

6- المساطب العريضة المروز والبرك الحقلية Broad Bed and Furrow and Farm Ponds :- يعمل مهد البذور بشكل مسطبة عريضة (1.5 م) بالتبادل مع مرز بعرض (0.45 م) وهذه الطريقة تدعى (المهد الواسع والأخاديد) وهي تلائم نوع الترب الداكنة في مناطق

الزراعة الجافة . المياه الزائدة خلال موسم الامطار تجمع خلال المروز وتمر الى البرك الحقلية ليخزن الماء ويستعمل لاحقا .

موارد الترب والانتفاع بها

Soil Resources and Their Utilization

يمكن إن يخزن الماء بمكانين : على التربة بوساطة حصاد المياه أو في التربة عن طريق تحسين خزن الرطوبة في التربة . ديناميكية رطوبة التربة تعرف بأنها زيادة خزن الماء وكفاءة الاستعمال.

اولا :- ديناميكية رطوبة التربة Soil Moisture Dynamics :- عند هطول الأمطار فإنها تفقد أما بالجريان أو بالمغاض في التربة ، والأخيرة تترشح الى الطبقات السفلى من التربة وأحيانا تتجمع بقرب مناطق جذور المحاصيل . بعد المطر فان سطح التربة يتدرج في الجفاف أما بسبب التبخر أو النتح أو كلاهما ثم تبدأ الرطوبة الموجودة في الطبقات السفلى من التربة بالتحرك إلى الأعلى لملئ المسامات . التبدل في محتوى رطوبة التربة مع الوقت تعرف بديناميكية رطوبة التربة . هذه التحولات يمكن إن تقسم إلى مجاميع :-

- الجريان .
- الغيض والرشح العميق .
- إعادة التوزيع والخزن .
- الفقد بالتبخر – النتح (ET) .

1- الجريان والرشح العميق Runoff and Deep Percolation :-المطر الفعال يعرف على انه نسبة من التساقط في موسم النمو التي تستعمل في عمليات التبخر – النتح من التربة والمحصول معا . وهذه تشكل حوالي 20 – 50 % من الأمطار الكلية ، الجريان يشكل حوالي5 – 33 % من الامطار أما

كمية الأمطار التي تذهب بقرب منطقة الجذور وتقترب من المياه الجوفية فتكون بنسبة حوالي 25% .

2- إعادة التوزيع والخزن Redistribution and Storage :- يترشح الماء ويتوزع في طبقات التربة المختلفة . الكثافة الظاهرية للطبقة العلوية من التربة (عمق 20 سم) تتغير مع الحراثة وجفاف الموسم وهي تكون حوالي 1.3 غم/سم^3 . بعد عمق 20 سم تكون مدى الكثافة من 1.35 – 1.45 ، وكمعدل يكون 1.4 غم / سم^3 مع هذه القيم من الكثافة الظاهرية فان مقطع التربة عند عمق 187 سم يمكن إن يحمل 880 ملم من الماء وان مقد التربة 157 سم يمكن إن يحمل 710 ملم من الماء .

3- الفقد بالتبخر – نتح ET Losses :- فقد الماء بعملية التبخر من سطح التربة يعد العامل الرئيس لتوازن الماء الفعلي تحت ظروف شبه الجفاف . عندما يكون سطح التربة رطب فان التبخر يعتمد على الطاقة الحرارية الساقطة على سطح التربة ومتطلبات الجو وعندما يكون السطح جاف فان مستوى التبخر ينخفض مع مرور الوقت .

4- تحسين خزن رطوبة التربة Improving Soil Moisture Storage :-
لا توجد طرق عملية لزيادة طاقة التربة في خزن المياه ، ولكن إضافة الغرين والطين والمادة العضوية تزيد السعة الحقلية وترفع نقطة الذبول إلى الحد الأدنى مما يزيد من مقدرة التربة على مسك الرطوبة الجاهزة .

ثانيا :- تقليل الفقد بالتبخر – نتح Reducing ET Losses

في زراعة الأراضي الجافة ، تكون رطوبة التربة هي العامل المحدد غالبا ، فهي تفقد كتبخر من سطح التربة ونتح من سطح النبات . التبخر من التربة ليس له علاقة مباشرة مع انتاجية المحصول ، بينما النتح يمكن إن تقليله بمدى واسع بدون إن يكون له تأثير على إنتاجية النبات . الفقد بالتبخر – النتح يمكن اختزاله بوساطة :-

- تغطية التربة بالمواد العضوية (مخلفات المحاصيل ، نشارة الخشب ، النايلون الاسود .... الخ).
- مضادات النتح .
- مصدات الرياح .
- مكافحة الأدغال .

1- **التغطية (بالمخلفات) Mulches :-** حوالي 60 – 70 % من الأمطار تفقد بالتبخر وهذا الفقد يمكن إن يقلل بوساطة التغطية بعمل فرشة على سطح التربة . المفروشات هذه ، أية مادة تفرش على سطح التربة للسيطرة على التبخر وتحسين ماء التربة . ومن فوائد المغطيات فضلا عن تقليل التبخر هي اعتدال في درجة الحرارة ، وتقليل ملوحة التربة ، مكافحة الأدغال وتحسين تركيب التربة .

أ- تأثير المغطيات في خواص التربة Effect Mulches in Soil Properties

- **ماء التربة Soil Water :-** التغطية تعمل على تحسين ماء التربة عن طريق تقليل التبخر والجريان والأدغال وزيادة التسرب . يعتمد التبخر على الطاقة الممتصة وإحداث تبخر قطرات الماء إلى الهواء . تحت ظروف الحقل الطاقة تجهز بوساطة أشعة الشمس والرياح تحمل القطرات المتبخرة . تغطية سطح التربة تمنع وصول أشعة الشمس إلى سطح التربة وكذلك تسيطر على هروب الماء المتبخر بوساطة المنع الفيزيائي . كما إن التغطية تعمل على مواجهة صدمات قطرات المطر على سطح التربة وبذلك تجمعات دقائق التربة من التحطم . وعندما تسقط قطرات المطر ببطئ خلال التغطية يكون الترشيح إلى داخل التربة أعلى والتغطية تعمل كذلك على خفض سرعة الجريان كما إن إنبات الأدغال وبزوغها يكون اقل تحت طبقة المفروشات مما يحفظ الماء الذي يمكن ان تستعمله الأدغال لو نمت.

- **درجة حرارة التربة Soil Temperature :-** للتغطية تأثير عال وفعال في درجة حرارة التربة ويعتمد على نوع مادة التغطية . اللون الأبيض أو نوعية عاكسة من البلاستك تخفض درجة حرارة التربة ، التغطية بالبلاستك الشفافة تزيد من درجة حرارة التربة . التغطية بالمواد النباتية تلطف الحرارة ، اذ تقوم بتخفيفها في الصيف وزيادتها في الشتاء .
- **ملوحة التربة Soil Salinity :-** ترب المناطق الجافة تحتوي على ملوحة عالية. ملوحة التربة تتحرك مع الماء ، ويمكن إن تزال من التربة بوساطة الترشيح إذا كان هطول الأمطار كاف . ولكنها تتحرك إلى عمق محدود فقط وترجع بسرعة إلى السطح عندما يتبخر ماء التربة أما إذا زاد الرشح وقل التبخر فان الأملاح سوف لن تتجمع في الطبقات السطحية .
- **تركيب التربة Soil Structure :-** تعمل المغطيات على تحسين تركيب التربة بفضل خلطها مع مكونات التربة وتكون مصدرا للمادة العضوية خاصة بعد التحلل .

ب- أنواع المغطيات Type of Mulches

- **مغطيات التربة أو تغطية الغبار Soil Mulches or Dust Mulch :-** خلخلة سطح التربة فإنها تعمل كتغطية لتقليل التبخر . هذا الخلخلة لسطح التربة تسمى مغطيات التربة أو تغطية الغبار وهذه تساعد في غلق التشققات والمسامات .
- **تغطية بقايا الزرع Stubble Mulch :-** متبقيات المحصول مثل سيقان الحنطة وسيقان القطن المتبقية على سطح التربة تعمل كمغطيات تسمى مغطيات مخلفات النباتات ، فائدة هذه المغطيات إنها تحمي التربة من التعرية وتقلل الفقد بالتبخر .
- **مفروشات القش Straw Mulch :-** إذا استخدم القش (التبن) كتغطية فيدعى مغطيات القش او التغطية بالقش .

- **مغطيات البلاستك Plastic Mulch :-** المواد البلاستيكية مثل البولي اثيلين وغيرها تستخدم أيضا كمغطيات .
- **التغطية العمودية Vertical Mulching :-** الحراثة تحت التربة تعتبر طريقة مؤثرة غالبا على الطبقات الصلبة لتحسين اختراق الجذور والتهوية والنفاذية للماء. الهدف من الفرش العمودي هو ملئ الشقوق والأخاديد بالمادة العضوية وتركها مفتوحة اذ إن التربة الداكنة يكون نفاذ الماء فيها بطئ مما يسبب فقد كمية من الأمطار بالجريان ومن اجل تحسين النفاذية وخزن ماء المطر في مثل هذه الترب تعمل التغطية العمودية عن طريق حفر خنادق ضيقة تتقاطع مع الانحدار وتملئ هذه الخنادق أو الشقوق ببقايا النباتات .

2- مضادات النتح Antitranspiration :- حوالي 99% من الماء الذي ياخذه النبات من التربة يفقده عن طريق النتح . فإذا تمت السيطرة على النتح فان ذلك يساعد في حصول توازن مناسب للماء . مضادات النتح هي أي مادة تضاف على سطح النبات الناتح لتقليل فقد الماء من النبات . وهذه تكون أربعة أنواع هي :-

- غالقة للثغور .
- مادة فلمية .
- عاكسه .
- معيقة للنمو .

أ- أنواع غالقة للثغور Stomatal Closing Type :- معظم النتح يكون عبر الثغور في سطح النبات . بعض مبيدات الفطريات مثل Phenyl Mercuric Acetate (PMA) ومبيدات الأدغال مثل الاترازين بتراكيز واطئة تعمل كمانعة للنتح عن طريق تشجيعها لغلق الثغور . وهذه ربما تعمل على تقليل التركيب الضوئي . اثبتت الدراسات نجاح استعمال هذه المواد تحت ظروف البيوت الزجاجية ، أما فائدتها تحت ظروف الحقل فتكون محدودة .

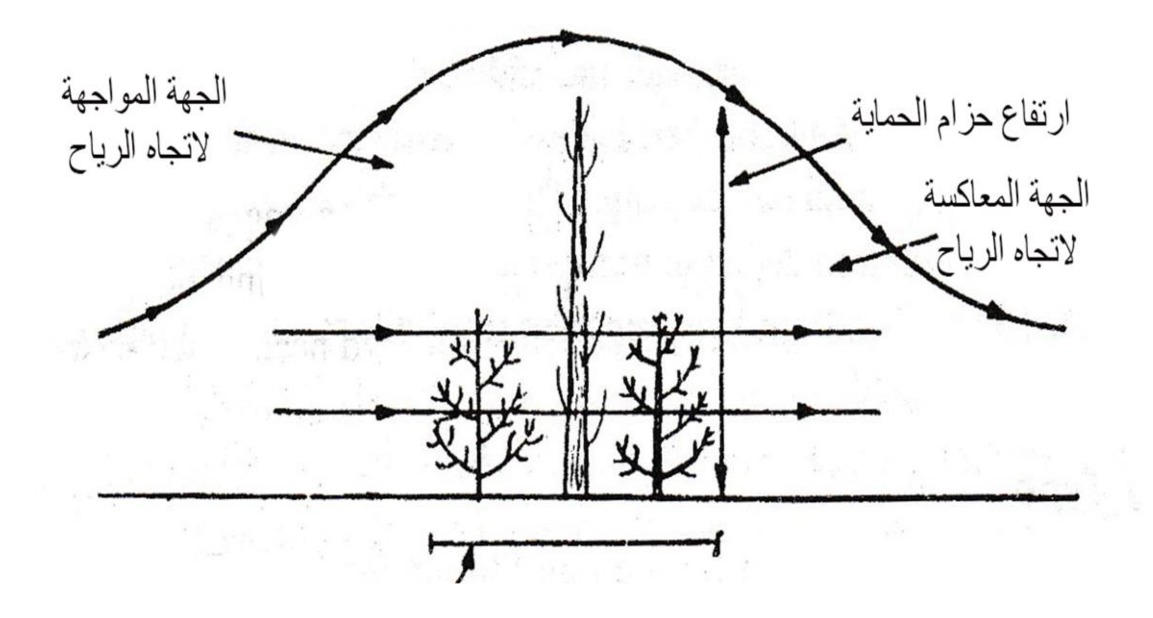
ب-أنواع المادة الفلمية Film Forming Type :- المواد الشمعية والبلاستيكية التي تعمل كطبقة رقيقة على سطح الأوراق تعيق الماء المفقود ، بفضل الحاجز الفيزيائي لها . هذه المواد مثل Silicone , Hexadeconol conol , Mobileat . إن نجاح استعمال هذه الكيميائيات يكون محدودا .

ت-الأنواع العاكسة Reflectante Type :- وهي مواد بيضاء تعمل كغلاف على الأوراق تزيد من عاكسية الأوراق ، بواسطة عكس الأشعة ، وهذه تقلل درجة حرارة الأوراق ودرجة ضغط البخار من الأوراق إلى الجو ولذلك فهي تقلل النتح وان إضافة 5% من مادة Kaolin رشا على النبات يقلل الفقد بالنتح

.

ث-معيقات النمو Growth Retardents :- هذه المواد الكيميائية تقلل النمو الخضري وتزيد من نمو الجذور وهذا مناسب لجعل النبات أكثر مقاومة للجفاف وهي أيضا تؤدي إلى غلق الثغور وان مادة (Cycocel) إحدى هذه المواد الكيميائية المناسبة لتحسين فقد الماء من النبات .

3- مصدات الرياح والأحزمة Wind Breaks and Shel terbelts :- هي أي تركيب يستطيع إعاقة جريان الرياح وتقليل سرعتها بينما أحزمة الصد هي خطوط من الأشجار المزروعة لوقاية المحاصيل ضد الرياح . اما الاتجاه الذي تبدأ منه الرياح يدعى جانب هبوب الرياح (مهب الريح Wind Ward) والاتجاه الذي تذهب آلية الرياح يسمى (Lee Ward) . المصدات تزرع بتقاطع مع اتجاه الرياح . هذه لا تعيق حركة الرياح بشكل كامل بسبب وجود الثغرات فيها وان جزء من الرياح تمر من خلالها والجزء الأخر ينحرف من أعلى المصد شكل(2.14)



شكل 2.14. مصدات الرياح بوساطة احزمة الاشجار الواقية

4- مكافحة الأدغال Weed Control :- يجب مكافحة الأدغال وتقليل منافستها للحصول على رطوبة التربة المحدودة . مستوى النتح من الأدغال أكثر مقارنة مع المحاصيل المرافقة لها .

إدارة الزراعة في الأراضي الجافة

Agriculture Management in Dry land

1- إدارة المحصول Crop Management :- تكمن أهمية إدارة المحصول في انتخاب الصنف الملائم ، مسافات الزراعة الملائمة ، إضافة إلى الأسمدة اعتمادا على كمية الامطار الساقطة ، مكافحة الآفات ، واهمها اختيار الأصناف ذات الحاصل الوفير التي تلائم الزراعة في ظروف الجفاف . كما يجب إجراء الحراثة العميقة مرة واحدة لكل ثلاث سنوات ، وهذه تعمل على تحطيم الكتل الصلبة وقتل الأدغال المعمرة ، أما الحراثة السطحية فإنها تجرى خلال الموسم لتحسين مهد الزراعة والتخلص من الأدغال وتهيئة ظروف أكثر ملائمة للمحصول . في

الترب السوداء الثقيلة فان المهد الواسع والأخاديد تعد طريقة جيدة لنجاح زراعة المحصول .

2- إدارة المغذيات Nutrient Management :- تعاني الترب في المناطق الجافة من نقص في النيتروجين ، والفسفور في بعض الترب ، والزنك (Zn) والحديد (Fe) بشكل متقطع . المغذيات يمكن خلطها مع السماد العضوي بعمل تركيبه من السماد العضوي والسماد الكيميائي . الجرعة الكاملة من N 1/2 , K , P تضاف عند الزراعة وكمية N 1/2 المتبقية تضاف بعد شهر من الزراعة إذا ما حصل المطر . في حال الحاجة إلى الزنك (Zn) فان 30 كغم / هـ$^{-1}$ من سلفات الزنك تضاف مرة واحدة كل ثلاث سنوات . وفي حال نقص الحديد Fe فتضاف سلفات الحديد بنسبة 0.5% مخلوطا مع كمية مساوية من الجبس (Lime) ، يضاف السماد البوتاسي عندما يكون محتوى التربة 150 كغم K_2O. هـ$^{-1}$.

1- إدارة ماء المطر Rain Water Management :- يفقد ماء المطر بثلاث مسارات :-

- الجريان السطحي .
- التبخر من سطح التربة .
- النتح من سطح الأوراق .

الاثنان الأوليان لابد من إيقافهما ، أما الأخير فيجب إن يوقف استعماله عندما يسبب اجهادات قاسية . الفقد بالجريان يمكن إن يسيطر عليه بوساطة الحزم الكنتورية أو الحزم المتدرجة أو بالحواجز النباتية . الجريان بين الحزم يمكن السيطرة عليه بوساطة الزراعة الكنتورية وتكوين أخاديد ميتة . الأخاديد الميتة عبارة عن مناطق محروثة تعمل بين خطوط المحصول بمسافات 3 – 4 م اعتمادا على نوع المحصول . أما الفقد بالتبخر من سطح التربة فيمكن إن يقلل باستعمال النشارة أو متبقيات النباتات الجاهزة مع التربة . يرتبط النتح مع الإنتاجية ويمكن إن

يقلل بواسطة التقنيات مثل إغلاق الوريقات في البقوليات ولف الأوراق في الحبوبيات كما إن مصدات الرياح وأحزمة الصد تقلل الفقد بالتبخر – النتح .

2- إدارة الأدغال Weed Management :- مكافحة الأدغال مهمة جدا بسبب منافستها المحصول على رطوبة التربة المحدودة . إن الحراثة الموسمية والحراثة خلال تحضير مهد البذرة تعمل على تقليل الحاجة إلى مكافحة الأدغال خلال موسم النمو . الزراعة المتداخلة هي الأخرى تقلل من نمو الأدغال بين المحاصيل .

التطبيقات العملية لإدارة الجفاف

Drought Management Practices

من التطبيقات العملية لإدارة الجفاف هي :- اختيار المحصول الملائم ونظام الزراعة والحراثة والبذور وادارة المغذيات وإدارة مياه الأمطار وإدارة الأدغال والآفات والحصاد والخزن .

الأنظمة المحصولية Cropping Systems

اختيار النظام المحصولي المناسب يعتمد على المطر والتربة .

1- **المحصول الأحادي Mono Cropping :-** عموما ، يزرع المحصول منفرد في المناطق الجافة عندما يكون المطر الموسمي اقل من 500 ملم . هناك محاصيل يمكن إن تزرع بعد موسم المطر على المتبقي من رطوبة التربة لموسم الشتاء .

2- **الزراعة المتداخلة Intercropping :-** في المناطق التي يكون فيها الموسم المطري بمدى 600 – 850 ملم يمكن تطبيق الزراعة المتداخلة فيها . على الأقل يوجد واحد من المحاصيل الشائعة تنجح زراعته في هذه المناطق مع

إمكانية وفرصة جيدة لزراعة محصولين في السنوات ذات الأمطار الجيدة وأنظمة الزراعة المتداخلة يمكن تطبيقها بالاعتماد على نوع التربة وكمية المطر وسعر ومتطلبات السوق . إن نظام الزراعة المتداخلة يهدف إلى زيادة العائد الاقتصادي لوحدة المساحة مع استغلال امثل لمدخلات الإنتاج من الحراثة والتسميد ومكافحة الآفات وغيرها .

3- الزراعة المزدوجة Double Cropping :- الزراعة المزدوجة يمكن ان يكون مناسبا للتطبيق في المساحات التي تستلم أكثر من 850 ملم أمطار مع كفاءة خزن الرطوبة في التربة بحدود 200 ملم / م عمق .

الأصناف Varieties

محاصيل الأمطار المهمة هي : فستق الحقل والذرة البيضاء والدخن والماش وزهرة الشمس والقطن . تعمل تربية وتحسين محاصيل الحبوب على تقليل ارتفاع النبات ومدة نمو المحصول وزيادة دليل الحصاد . إن هذه المحاصيل تستجيب للماء والنيتروجين مع زيادة حاصلها في ظروف السنوات الممطرة . وهكذا فان الاصناف المحسنة او الهجن يزداد حاصلها تحت الزراعة الديمية او الاروائية . مقاومة الجفاف في المحاصيل أو الأصناف يمكن إن يتحقق بطرائق عدة:-

1- قابلية النبات للبقاء على قيد الحياة لمدة طويلة تحت الإجهاد المائي .
2- قابلية النبات لإنتاج مادة جافة أكثر لكمية معينة من الماء .
3- القابلية على إعطاء حاصل عال تحت الشد المائي .

تختلف كفاءة استعمال الماء باختلاف المحاصيل وكقاعدة أساسية يعتمد على نوع التركيب الضوئي . كفاءة استعمال الماء مثلا حوالي 20 غم مادة جافة / كغم ماء لمحصول الاناناس بالمقارنة إلى 3 – 4 غم مادة جافة / كغم ماء لنباتات C_4 و 2 – 3

غم / كغم ماء لنباتات C_3 كما تختلف الأصناف في كفاءة استعمال الماء ، فمثلا أصناف الذرة البيضاء تعطي 0.9 – 1.2 غم حبوب / كغم ماء .

تم تحديد الصفات المهمة لانتخاب الأصناف المقاومة للجفاف وهي : الأصناف ذات النمو السريع وتنظيم الاوزموزية ودليل حصاد عال وسرعة في تكوين الحبوب والفترة القصيرة للوصول إلى الإزهار تكون مهمة في نجاح تحسين مقاومة الجفاف . حاصل الذرة الصفراء يمكن تحسينه بوساطة انتخاب تراكيب وراثية ذات مدة قصيرة بين ظهور النورة الذكرية (العرنوص) والنورة الأنثوية ، اذ إن النشاط المبكر مرتبط مع حاصل الحبوب في الذرة الصفراء .

إن التغطية السريعة للأرض من قبل المحصول تقلل نسبة التبخر إلى النتح وبذلك تزداد كفاءة استعمال الماء . تنظيم الاوزموزية تساعد في تمكين استمرار التركيب الضوئي حتى عند انخفاض جهد ماء الورقة . اذ تبين إن التراكيب الوراثية من الذرة الصفراء ذات التنظيم العالي للاوزموزية يكون حاصلها أعلى بمعدل 34% .

البذار Sowing

وقت الزراعة يساعد على استقبال أعلى ما يمكن من الأمطار الموسمية ويقلل الإصابة بالأمراض والآفات والهروب من الجفاف في نهاية الموسم . إن الفقد في حاصل الذرة البيضاء عند تأخير الزراعة بـ 9 – 14 يوم يكون أعلى من 137 كغم / هـ / يوم تأخير وكذلك فان تاخير زراعة العصفر يؤدي إلى تقليل الحاصل من 250 – 850 كغم / هـ وكذلك في فستق الحقل .

إدارة المياه Water Management

الطرق المهمة لزيادة كفاءة استعمال (Water Use Efficiency (WUE يمكن إن تقسم إلى ثلاث مجاميع :-

1- زيادة كفاءة توزيع الماء و وقت إضافته الى الحقل .

2- زيادة كفاءة استعمال الماء من قبل المحصول .

3- زيادة قابلية المحصول على تحمل الجفاف .

المعادلة التالية يحسب من خلالها كفاءة استخدام الماء (WUE)

$$\boldsymbol{WUE = \frac{Y}{W}}$$

حيث إن :-

Y :- الحاصل (كغم / هـ)

W :- كمية الماء المستعملة من قبل المحصول (ملم) .

1- الري التكميلي Supplemental Irrigation :- في الأراضي الجافة ، الماء وليس الأرض هو العامل المحدد غالبا لإنتاج المحصول . الري التكميلي هو من التطبيقات المهمة وذات الكفاءة العالية لزيادة إنتاجية المحصول في المناطق الجافة. حيث إن حاصل المحاصيل تحت ظروف المطر يكون اقل بمعدل النصف من تلك المزروعة تحت ظروف الري الاعتيادي .

2- كمية مياه الري Quantity of Irrigation Water :- تختلف المحاصيل في الاستجابة لكمية ماء الري التكميلي خلال مرحلة الجفاف، فمحصول فستق الحقل يستجيب إلى 10 ملم من الري التكميلي بالرش خلال مرحلة تكون القرنات . بينما القطن يحتاج إلى 30 ملم من الماء لكي يستجيب للري التكميلي سواء بالري بالرش أو بالتنقيط . الحمص يحتاج إلى 30 – 40 ملم خلال مرحلة الإزهار .

3- طريقة الري Method of Irrigation :- الطرق السطحية للري تكون غير ملائمة للري التكميلي للأسباب الاتية :-

- عندما يكون المطر متقطع .
- الفقد بالماء بالري السطحي يكون أكثر من 30% .
- الماء الجاهز للري يكون محدود بهذه الطريقة .

أما الري بالتنقيط أو الرش فإنها تكون أكثر ملائمة للري التكميلي بسبب الكمية القليلة من الماء المجهز . الري بالتنقيط تحت السطح يكون كفوء جدا لتجهيز الري التكميلي .

الفصل الخامس عشر

الحصاد والخزن

HARVESTING AND STORAGE

ان وقت الحصاد لناتج المحصول يعتمد على حاصله واستعمالاته ونوعيته وخزنه . التاخير او الحصاد قبل النضج غالبا ما يكون له تاثير عكسي على نوعية المنتج. يجب الاهتمام الى ان الحصاد قبل النضج قد يكون ملائما لمنتجات معينة ولاسواق محددة فالمحاصيل العصارية يفضل عدم تاخير حصادها لكون تاخير الحصاد يجعلها تصبح ليفية وصلبة ، والسكر ربما يتحول الى نشأ وتنخفض الحلاوة لبعض المنتجات .

يتم اعاقة طحن الحبوب اذا لم يكن المحصول في المرحلة المناسبة للنضج وعند محتوى رطوبي ملائم .اذا ما ترك المحصول لفترة طويلة في الحقل بعد النضج فانه يصبح عرضة للانفراط ولمهاجمة الافات ويتعرض للتلف بسبب تقلبات الطقس . الحصاد قبل النضج ربما يعني امتلاء غير ملائم للبذور او الحبوب ويقود ذلك الى انخفاض الحاصل ونوعية رديئة للمنتج وبالتالي يكون غير ملائم للخزن الجيد .

اذا اصبح واضحا ان توقيت حصاد المحاصيل هو جوهر المسألة . لذلك الانتباه الى العوامل التي تؤثر في حصاد المحصول وكيفية ادارة المنتج للمحافظة على نوعيته الجيدة وتقليل عناصر الفقد بالحاصل الاقتصادي .

الحصاد Harvesting

الحصاد والدراس والغربلة والتجفيف والنقل والفرز والتدريج والتعبئة والخزن هي العمليات المهمة التي يتم اجراؤها مابعد الحصاد . الحصاد يكلف حوالي 20 – 50 % من الكلفة الكلية للانتاج في المحاصيل المختلفة ، لذلك اية عملية تحسين في كفاءة اي من هذه العمليات ، فانها تؤثر بشكل كبير على حيوية ومكاسب المشروع الانتاجي .

يعرف الحصاد بانه ازالة النباتات كاملة او الجزء الاقتصادي بعد النضج من الحقل . ابقاء السيقان وتركها على الحقل تدعى متبقيات الحصاد . والحاصل الاقتصادي ربما يكون حبوب او بذور او اوراق او سيقان او جذور او كامل النبات .

موعد الحصاد Time of Harvesting

مصطلح الحصاد حرفيا يشير الى (جني ماتزرع) . المحصول يجب ان يحصد في الوقت المناسب (عندما يكون المنتج الاقتصادي مثاليا من الناحية النوعية والكمية) وبذلك نقلل من فقد الحصاد . اذا حصد المحصول مبكرا فان المنتج يكون ذو رطوبة عالية ونسبة عالية من البذور تكون غير ناضجة ، والحاصل سيكون منخفضا بسبب عدم امتلاء الحبوب مما تشكل صعوبة كبيرة في الخزن ، مع الرطوبة العالية ينجم اصابات مرضية وتدهور نوعية الحبوب بالاضافة الى انخفاض نسبة الانبات عند الزراعة لاحقا . اما الحصاد المتاخر فينتج عنه انفراط الحبوب وربما يحدث الانبات قبل الحصاد خلال موسم الامطار .

يمكن ان تحصد المحاصيل عند النضج الفسيولوجي او النضج التام والمحصول يعتبر في مرحلة النضج الفسيولوجي عندما يتوقف نقل نواتج التركيب الضوئي الى الجزء الاقتصادي من النبات ، بعبارة النضج الفسيولوجي هي المرحلة التي لا يحصل تراكم بعدها للمادة الجافة في الجزء الاقتصادي .

في الحبوبيات ، محتوى الحبوب من الرطوبة يكون عاليا خلال مرحلة الطور الحليبي ثم تتدرج بالانخفاض بانحدار من 40 الى 20% التي تدل على الوصول الى النضج الفسيولوجي . في هذه المرحلة يتوقف نقل الكاربوهيدرات بسبب تكون طبقة الانفصال بين محور السنبلة (Rachis) والحبة والوصول الى النضج الفسيولوجي يمكن ملاحظته من الخارج عندما تتكون الطبقة السوداء في حبوب الذرة الصفراء او البيضاء وتحول اللون الاخضر الى البني في البقوليات والى الاصفر في محاصيل الحبوب الاخرى وحسب ما موضح في الجدول (1.15) .

جدول 1.15 . العلامات الخارجية للنضج الفسيولوجي لبعض المحاصيل الحقلية

ت	المحصول	العلامات
1	الحنطة	الفقد النهائي للون الاخضر من القنابع ويحدث بحوالي 2يوم قبل النضج الفسيولوجي . يستخدم وسط السنابل كدليل على ذلك
2	الشعير	فقد اللون الاخضر من القنابع اومن حامل السنبلة
3	الذرة الصفراء	طبقة سوداء في منطقة اتصال الحبوب
4	الذرة البيضاء	تكون طبقة سوداء في منطقة اتصال الحبوب
5	الدخن	ظهور تبقعات في السويقة لبعض الاصناف
6	فول الصويا	فقدان اللون الاخضر من الاوراق
7	الماش	تحول القرنات الخضراء الى اللون البني بحوالي 25 يوم بعد الازهار

لذا فان الوقت الافضل لحصاد المحصول يعتمد على عوامل عدة تتضمن الجزء الاقتصادي (للمنتج) و استعمال المنتج والخزن بعد الحصاد .

1- **الجزء الاقتصادي The Economic Part :-** الجزء الاقتصادي او المنتج لنباتات المحاصيل يمكن ان يكون حبوب او جذور او سيقان او اوراق او اجزاء اخرى . اجزاء النبات هذه لها اوقات مختلفة لحصادها .

2- **الاستعمال Utilization :-** الجزء الاقتصادي نفسه ربما يكون وقت حصاده مختلف حسب الاستعمال (طازج او جاف) ، على سبيل المثال الذرة الصفراء ربما تحصد طازجة او جافة اعتمادا على الاستعمال المقصود فالغرض من الزراعة هو الذي يحدد ماهو افضل موعد لحصاد الناتج فمثلا محصول الجت ربما يزرع للعلف الاخضر او للبذور والذرة الصفراء ربما تزرع للسايلج او للحبوب .

3- **طريقة الخزن Storage Method :-** حصاد المنتجات غالبا يتطلب بعض طرائق الخزن فيما اذا كنا ننتظر شحنه الى السوق ، فالخزن المبرد ضروري للحبوب التي لها محتوى رطوبي عال وهكذا .

النضج Maturity

هناك مراحل عدة للنضج هي النضج الفسيولوجي ونضج الحصاد ونضج الخزن واحيانا تجرى عملية التجفيف عند مرحلة النضج الفسيولوجي .

1- **النضج الفسيولوجي Physiological Maturity :-** عرف العلماء النضج الفسيولوجي كمرحلة تطورية في دورة حياة النبات عندما يصل الى اعلى مايمكن من الوزن الجاف . في هذه المرحلة اي زيادة في مدخلات الانتاج لا تحقق اي عوائد في الحاصل الاقتصادي . في محاصيل الحبوب يحصل توقف في النمو وامتلاء الحبوب وفي هذه المرحلة تحتوي الحبوب على حوالي 40% رطوبة . اذا حصدت الحبوب عند نضجها الفسيولوجي ويمكن ان تتجعد خلال التجفيف ويحصل لها اضرار مختلفة .

2- **نضج الحصاد Harvest Maturity :-** يحصل نضج الحصاد للمحصول عندما يكون المنتج في ذروته النوعية والكمية (اعلى ما يمكن من الحاصل كما ونوعا) . هناك حبوبيات معينة يصل نضج الحصاد فيها عند 25 – 35 % محتوى رطوبي . الحصاد الميكانيكي ربما ينجم عنه خسائر كبيرة مالم يكن المحصول في مرحلة نضج ملائمة . بعض الحبوبيات تنضج عند رطوبة 15 – 18 % . الذرة الصفراء يمكن ازالة اغلفة العرنوص فيها عند محتوى رطوبي 27% ، ويجب تجفيفها الى 13- 14% قبل الخزن الامن .فول الصويا يجب ان يجفف في الحقل على الاقل 16 – 18 % محتوى رطوبي قبل ان يمكن حصاده بنجاح .

عندما تزرع نباتات المحصول للعلف والمراعي ، فان الوقت الافضل للحصاد هو عندما يصل المحصول الى اعلى ما يمكن من الحاصل الخضري مع نوعية عالية (بروتين وقابلية هضم عالية) . في الحالات التي يعطي فيها المحصول حشات عدة خلال السنة فمن الضروري الاخذ بنظر الاعتبار طريقة وموعد الحش مع بعض الممارسات الحقلية التي تعيد تاسيس جيد للمحصول بعد كل حشة ، هناك

عامل اخر يؤخذ بنظر الاعتبار هو الحالة الصحية وصيانة وانشاء جيد للمحصول بعد كل عملية حصاد . مرحلة النضج لقطع محاصيل الحبوب للسايلج مختلفة بحسب الانواع ،فمثلا تكون افضل مرحلة لقطع الشعير او الحنطة في الطور الحليبي ، بينما الذرة الصفراء تقطع في منتصف مرحلة الطور العجيني الصلب ، والجدول (2.15) يبين مقاييس نضج الحصاد للمحاصيل الحقلية المهمة .

جدول 2.15 معايير الحصاد للمحاصيل

المحصول	معيار الحصاد
الرز	1- 32 يوما بعد الازهار 2- الحبوب الخضراء ليست اكثر من 4 – 9 % 3- نسبه الحبوب الحليبية اقل من 1% 4- المحتوى الرطوبي للحبوب اقل من 20% 5- 80% من الدالية يكون ملون والحبوب تكون في الطور العجيني الصلب
الذرة البيضاء	1- 40 يوم بعد الازهار 2- المحتوى الرطوبي للحبوب اقل من 28%
الدخن	1- 28 – 35 يوم بعد الازهار
الذرة الصفراء	1- المحتوى الرطوبي للحبوب اقل من 28 – 35 % 2- لون اغلفة العرنوص يتحول الى البني 3- 25 – 30 يوم بعد ظهور النورة الذكرية
الحنطة	1- حوالي 15% نسبة الرطوبة في الحبوب 2- الحبوب تكون في الطور العجيني الصلب
قصب السكر	1- نسبة السكروز 15% 2- نسبة الـ brix 18 – 20 %
الماش الاحمر	1- 30 – 40 يوم بعد الازهار 2- 80 – 85% من القرنات تتحول الى البني
الماش الاسود و الماش الاخضر	1- القرنات تتحول الى البني
القطن	1- الجوز يتفتح كاملا

3- نضج الخزن Storage Maturing :- في بعض انظمة الانتاج التي يكون فيها الجفاف بعد الحصاد غير ممكنا ، يحصد المحصول في المرحلة التي يكون فيها

ملائما لانه يدخل الحاصل المخزن بشكل مباشر .في الحبوبيات ينبغي ان تكون الحبوب بمحتوى رطوبي اقل من 14 % .

ماذا يمكن ان يحدث اذا لم يحصد المحصول في الوقت المحدد ؟

بعض الاحيان سوء الاحوال الجوية ، تعطل المعدات او احتمالات اخرى ربما تؤخر الحصاد في الحقل واحيانا تحصد قبل النضج اوعندما تبلغ فوق النضج ، هناك عواقب معينة لمثل هذه الحالات .

- **انخفاض حاصل المحصول :-** الحصاد المبكر يعني ان تطور البذور والامتلاء سوف يقل والوصول الى اعلى ما يمكن للمادة الجافة لن يتحقق ، وذلك سيقود الى حاصل منخفض . تاخير الحصاد ربما يسبب رقاد النباتات وانفراط البذور، وكذلك ستقود الى زيادة فاقدات الحصاد باستعمال المكننة .
- **انخفاض نوعية البذور :-** حصاد الحبوب قبل النضج تجعلها تتجعد مع محتوى منخفض من النشأ . تاخير الحصاد في الحقل يسبب انفراط الحبوب مع انخفاض قابليتها على الخزن والانبات . تاخير الحصاد ربما يسبب لمنتجات محددة بان تصبح ليفية او غير مرغوبة .
- **فقدان القيمة :-** تؤدي الى انخفاض الاسعار للمنتجات ويجعل تصنيفها منخفض وفق مقياس درجات الجودة ، وبالتالي انخفاض القيمة السوقية وخسائر اقتصادية للمنتج .

4- التجفيف Desiccation :- هو احد التطبيقات المهمة للحصاد السريع ، لاسيما للاصناف والمحاصيل التي تبقى خضراء حتى عند مرحلة نضج الحصاد . يستخدم مبيد الباركويت (paraquat) لغرض التجفيف ، وحسب المستويات المثبتة على عبوات المبيد لكل محصول . وقت اضافة المجففات تعتمد على صفات مرئية تدلل على النضج الفسيولوجي وعندما تصل نسبة الرطوبة الى 35% . نضح الحصاد عموما يحصل عادة بعد 7 ايام من النضج الفسيولوجي . ان العمليات المهمة خلال هذه المدة هي حصول فقدان للرطوبة من النباتات ومن العلامات المميزة لنضج

الحصاد هي اصفرار الاوراق وجفاف الحبوب او القرنات جدول (2.15) تحصد المحاصيل في النضج الفسيولوجي عندما تكون هناك حاجة ملحة للحقل لزراعة محصول اخر وخارج هذه الظروف يجب الانتظار حتى نضج المحصول التام لكي يحصد . ان موعد الحصاد يمكن معرفته على وجه التقريب من خلال معرفة مدة نمو المحصول ويعتمد النضج على ظروف المناخ ، وتعد علامات النضج ادلة جيدة لتقرير موعد الحصاد وهنام معايير تعتمد لحصاد المحاصيل والموضحة في جدول (2.15) . ان حساب درجة حرارة النمو اليومية والتراكم الحراري يمكن ان يكون اساسا جيدا للتنبؤ بموعد الحصاد وان حصاد المحاصيل المحدودة النمو يكون اسهل في تحديد موعده من المحاصيل الغير محدودة لان الاخيرة تحوي على ازهار في الوقت الذي فيها قرنات ناضجة فلذلك اذا مابكر بحصادها فان قرنات غير ناضجة ستؤثر على الحاصل الكلي ويمكن تخطي هذه المشكلة من خلال :-

1- حصاد القرنات او العرانيص عندما ينضج 75% منها .

2- اجراء الحصاد الدوري او جني القرنات .

3- استحداث النضج من خلال رش الكيميائيات .

ولتقرير موعد الحصاد لمحاصيل العلف الاخضر فان هناك بعض السمات الاضافية التي يجب اخذها بنظر الاعتبار مثل تواجد السموم والقيمة الغذائية والغرض من الحصاد فيما اذا كان للتغذية المباشرة او الخزن فضلا عن فيما اذا كان هناك قطعة واحدة للمحصول او قطع عدة . عندما تكون السموم موجودة في بعض المحاصيل في المراحل المبكرة مثل الذرة البيضاء فان حشها يتم 30 يوم بعد الزراعة . ان القيمة الغذائية لمحاصيل العلف وخصوصا المحتوى البروتيني ينخفض بينما تزداد الالياف كلما تاخر موعد الحصاد او الحش لان 75% من النيتروجين يستعمله النبات في المرحلة الخضرية لذلك يجب توزيع النيتروجين على دفعات عدة ان وقت الحصاد يعتمد على الغرض من ذلك الحصاد فالحشائش العلفية تكون ذات محتوى بروتيني عالي في مراحل النمو المبكرة لذا فان الحش

يجب ان يكون في المراحل التي فيها المحتوى البروتيني عالي والاوراق غضه ونسبة الاوراق الى السيقان تكون اكثر . ان تاخير الحصاد بايام عدة للحصول على مادة جافة اكثر تحصل لعمل الدريس . يعد السايلج ذات النوعية الجيدة الذي يمكن الحصول عليه من العلف الاخضر الحاوي على نسبة عالية من الكاربوهيدرات وبروتين اقل اثناء الحصاد . المحاصيل التي لها القابلية على تكوين خلفات (راتون) يمكن اعادة حشها مرات عدة خلال الموسم لذا يراعى موعد الحش وارتفاعه لكي نحصل على كمية ونوعية عاليين ويمكن ان يستعيد النبات نموه بسرعة لكي نحصل على اكبر عدد من الحشات خلال اقل مدة زمنية مع المحافظة على الكمية والنوعية للعلف .

ان رعي الحيوانات في المرعى طريقة من طرائق حصاد محاصيل العلف لذلك فان الاستمرار بالرعي الصحيح وغير الجائر يزيد من كفاءة المرعى ويشجع النباتات على اعادة النمو للحصول على اكثر من مرة للرعي .

طرائق الحصاد Methods of Harvesting

الحصاد اما يجرى يدويا او بوساطة المكائن .

1- **الحصاد اليدوي Manual Harvesting :-** الحصاد اليدوي ، هو النمط السائد في اكثر من البلدان النامية ويكون المنجل هو الاداة المهمة فيها . محاصيل محددة تحصد يدويا من اجل نوعية اعلى وسعر ممتاز (كما في الثمار الرقيقة) . والحصاد اليدوي يحتاج ايدي عاملة كثيرة .

2- **الحصاد الميكانيكي Mechanized Harvesting :-** تستعمل المكائن للحصاد الميكانيكي . كيفية حصاد نباتات المحصول تعتمد على عوامل عدة ، تتضمن الجزء الاقتصادي المطلوب حصاده ونضج الحصاد ومتطلبات المعالجة الحقلية .

هناك محاصيل محددة تتطلب تركها فترة في الحقل بعد الحصاد من اجل ان ينضج المنتوج بنوعية جيدة .

في حالات معينة من الحصاد يقطع كل النبات قرب سطح الارض ، ثم يؤخذ الجزء الاقتصادي المطلوب منه حالا او بعد وقت متاخر (كما في حصاد فول الصويا) . في حالات اخرى يترك النبات قائما بينما يحصد الجزء الاقتصادي فقط (كما في جني القطن والذرة الصفراء)

قد يصنف الحصاد الميكانيكي الى مجموعتين : - خطوة واحدة One – Step او خطوات متعددة Multi – Step . في عملية الخطوة الواحدة يتم حصاد الجزء الاقتصادي ويوضع مباشرة في المخزن (مثل حصاد محاصيل الحبوب كما في الذرة الصفراء والحنطة) . عمليات عديدة يمكن ان تجرى في مرور واحد للماكنة (الحصاد المدمج Combine harvesting) . في الحصاد المتعدد الخطوات ، الجزء الاقتصادي ربما يحصد مع اجزاء النبات الاخرى ويترك فترة في الحقل للجفاف (مثل الجت) . او المواد التي تجمع وتعمل عليها خطوات محددة قبل الخزن .

الطرق الشائعة للحصاد الميكانيكي هي مايلي :-

1- الحصاد المدمج Combine Harvesting :- الحاصدات Combine (أو حاصدات الدمج Combine Harvesters) تستعمل بشكل رئيس لحصاد محاصيل الحقل مثل فول الصويا ، الحبوبيات الصغيرة ، الفاصوليا اليابسة) . الحاصدة هنا هي عبارة عن ماكنة معقدة لها القدرة على اجراء عمليات حصاد متعددة . هذه المكائن (تحصد وتدرس Harvesting and Threshing) في عملية واحدة في الحقل .

2- القطع والجمع Cutting and Gathering :- نهاية مقدمة الحاصدة مزودة بقواطع (ازواج قطع) ، والتي يمكن تنظيمها (معايرتها) بارتفاعات مختلفة تعمل على قطع المواد النباتية اولا وتحمل الى غرفة الدراس . يمكن ان يكون هناك فقد

في الحبوب عندما يكون ارتفاع القاطعات غير دقيق ، كما ان فقد الحصاد يعتمد على سرعة الحاصدة نفسها. اذا يجب ان تنظم الحاصدة لتقوم بعملية الحصاد وبارتفاع وسرعة ملائمة .

3- الدراس والغربلة Threshing and Winnowing : عزل البذور من النباتات اوالسنابل تدعى بالدراس . في الحبوبيات تعزل الحبوب عن القش وفي البقوليات تعزل الحبوب عن القرنات . الدراس يتبعه الغربلة ، تجرى عملية الدراس داخل اسطوانات مدورة والتي يجب تنظيم حركتها بسرعة ومسافة ملائمة ، فالسرعة البطيئة تؤدي الى دراس غير كامل ، بينما السرعة العالية تسبب الاضرار الفيزيائية للحبوب .

4- التنظيف Cleaning :- تسقط الحبوب خلال غرابيل (Sieves) بحجوم مختلفة مختلفة ومناسبة لتنظيف المحصول من المواد الغريبة مثل الحصى . فيجب هنا استخدام الغرابيل (من حيث الحجم) التي تكون مناسبة لتنظيف كل محصول بشكل مختلف عن المحصول الاخر (حسب حجم بذرة المحصول) .

5- الفصل Separating :- فيها يتم فصل القش والمواد الغريبة ودفعها خارجا من الحاصدة على الارض .

مشاكل الحصاد Problems of Harvesting

تحدث المشاكل في الحصاد لاسيما عندما يتزامن مع الامطار الغزيرة او الاعاصير ، فربما يغرق المحصول ، والبذور ربما تبدأ بالانبات وهي لا تزال على النبات نفسه . وعندما يكون الحاصل الاقتصادي تحت الارض فان الحصاد يكون صعبا اذا كانت التربة جافة .

تسريع نضج المحصول وتسهيل الحصاد

Hastening Harvest Maturity and Facilitating Harvesting

بعض الاحيان من المرغوب فيه تسريع وقت حصاد المحصول . بعد وصول محاصيل الحبوب الى النضج الفسيولوجي ، فان أي تاخير في الحصاد ربما يسبب تدهور في النوعية وخفض الحاصل . هناك طرائق عدة مباشرة وغير مباشرة التي تطبع عليها منتجي المحاصيل لتسريع الحصاد .

1- الطرق المباشرة Direct Methods

أ- **التسقيط والتجفيف Defoliation and Desication :-** عند وصول النبات الى النضج الفسيولوجي ، لايمكنه تجميع أي مادة جافة اضافية ، والبقاء في الحقل طويلا يعرض النبات لتقلبات الطقس ، والتي ربما تهدد نوعية المنتج . وبذلك يجبر المنتجين على تنظيم جدول للحصاد . مثل هذا التنظيم يوجب انضاج المحصول بشكل مبكر باضافة مسقطات الاوراق (Defoliant) او المجففات (Desicant) . المسقطات تسبب تساقط الاوراق ، بينما المجففات تسبب الجفاف للنبات في الحقل ثم موته . في انتاج القطن وجود الاوراق الخضراء مع المنتج تسبب له تردي نوعيته ورتبة في الالياف .

ب- **اضافية Topping :-** تقليل المادة الخضرية قبل الحصاد (الاوراق بشكل رئيسي) وهذه تعمل على بطئ نشاط التركيب الضوئي وتسرع الجفاف للجزء الاقتصادي (مثل القرنات) .

2- الطرق غير المباشرة Indirect Methods

عموما ، المحاصيل تحصد عندما تكون الظروف للمنتج الاقتصادي في المنطقة يمكن فيها خزنه لمدة ملائمة من الوقت بدون تدهور . واذا كان لدى المنتج مستلزمات التجفيف ، ربما يكون من الافضل حصاد المحصول حالا عند النضج الطبيعي ، وبعد ذلك يجفف الى المحتوى الرطوبي الملائم للخزن في وقت لاحق .

تجفيف الحبوب Drying of Grain

محتوى الرطوبة في الحبوب في وقت حصاد المحاصيل حوالي 18 – 20 % ، ومحتوى الرطوبة الامن للخزن هو 14% لاغلب المحاصيل . التجفيف هي عملية تجرى لخفض محتوى الرطوبة الى الحد الامن ويمكن تجفيف الحبوب بطريقتين : طبيعية وصناعية .

1- تجفيف الهواء الطبيعي Natural Air – Drying :- يجرى بواسطة تعريض الحبوب الى حرارة الشمس مع رياح هادئة وهذه الطريقة تكون غير مكلفة ، خصوصا في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تكون اشعة الشمس والرياح الجافة متوفرة . بهذه الطريقة تفرش الحبوب الرطبة على حصيرة او ارض كونكريتية ، بطبقات غير عميقة . خلال الليل يجب تغطية الحبوب لتجنب امتصاص الرطوبة في الليالي الرطبة الباردة . تقلب الحبوب او المنتج باستمرار لغرض تعريض الطبقات السفلى الى اشعة الشمس والرياح . الحبوب التي تكون برطوبة 18% يمكن تجفيفها بهذه الطريقة لتصل الى 14% بمدة 3 اسابيع .

في المخزن يمكن تجفيف الحبوب بواسطة التهوية من خلال ثقوب في الجدران او في ارضية الصوامع . تجفف الحبوب بهذه الطريقة عندما تكون الرطوبة عند الحصاد غير مختلفة كثيرا (اقل من 2%) عن رطوبة الخزن المطلوبة . من مساوئ هذه الطريقة ، قد تمتص الحبوب الرطوبة خلال الاوقات الرطبة للجو مالم تكون هناك طريقة لغلق الفتحات باحكام .

2- التجفيف بقوة الهواء غير الساخن Drying with Forced Unheated Air

الحبوب المخزونة في الحاويات يمكن تجفيفها بوساطة قوة الهواء غير الساخن الذي يمر خلال الحبوب . عندما يكون هناك ممرات وطوابق فارغة بين الصناديق ، تستخدم المراوح لتحريك الهواء . رطوبة الجو يجب ان تكون اقل من 70% واذا

كانت رطوبة الحبوب المطلوبة (اقل من 13%) فان رطوبة الهواء يجب ان تكون (اقل من 60%) لتكون هذه الطريقة فعالة في عملية التجفيف .

3- **التجفيف بالهواء الساخن Drying with Heated Air :-** يمكن ان تجفف الحبوب باستعمال هواء ساخن يكون اكثر سرعة من التي ذكرت اعلاه ، ولكنها تكون اكثر كلفة . تستخدم السخانات التي تعمل بالغاز او البترول لتوليد الهواء الساخن لتجفيف الحبوب . هذه الطريقة تكون اكثر فاعلية وكفاءة للعمل خلال الصيف منها في الشتاء . درجات الحرارة التي تكون اعلى من 55م^{0} يمكن ان تسبب تردي نوعية الحبوب لمحاصيل الحنطة والذرة الصفراء والبيضاء ، اضافة الى تضرر النشأ . الحبوب العلفية يمكنها تحمل درجات حرارة اعلى ولكن يقل البروتين علما ان درجة حرارة التجفيف لها تاثير كبير على كلا من الانبات والنوعية ، فالقرنات المجففة على 60م^{0} تفقد من نسبة الانبات نحو 26%

الخزن Storage

القيمة التجارية لمنتجات المحاصيل تكون منخفضة عموما عند الحصاد بسبب وفرة الانتاج المعروض في السوق . لذا اصبح من الضروري خزن المنتجات لفترات مختلفة بدون ان تتعرض الى التدهور . فترة الخزن ربما تكون لايام او اسابيع او حتى سنين . بعض المنتجين يتعمد خزن حبوبه على امل ان تصل الى اعلى سعر في وقت لاحق .

هناك ثلاث طرائق رئيسة يمكن خزن الحبوب فيها لمدد مختلفة ، يتم اختيار الطريقة اعتمادا على المدة التي تكون ملائمة للحبوب في المحافظة على نوعيتها . نوعية الحبوب لايمكن تحسينها خلال الخزن ، لذلك فان النوعية يمكن ان تنحدر مع الوقت .

1- **الخزن المكيف Conditioned Storage :-** يمكن ان تصان الحبوب في ظروف التجفيف والبيئة الباردة لاغلب المحاصيل مثل الذرة الصفراء والحنطة

والشعير . رطوبة البذور في المخزن يجب ان تكون بحدود 12 – 13% ودرجة الحرارة 20م^{0}او اقل . تحت هذه الظروف يمكن المحافظة على نوعية البذور لحوالي سنة . العديد من شركات البذور التجارية تعمل على توفير مثل هذه المستلزمات .

2- الخزن الخاص Special Storage :- احيانا تحتاج البذور ان تخزن لمدة طويلة جدا مثل الاحتياج لوضعها في النيتروجين السائل Liquid Nitrogen تحت درجة حرارة -196 م^0 ويستخدم هذا للبذور الصغيرة وهذه الطريقة تستخدم بشكل واسع في البنوك الوراثية (Germplasm Banks) لمدة طويلة .

3- الخزن المحكم Hermetic Storage :- تخزن البذور في هذا النوع من الخزن بحاويات محكمة ضد الرطوبة . تستخدم حاويات معدنية عندما يتطلب فترة خزن طويلة جدا . قبل اتمام عملية الغلق (الاحكام) يفرغ محيط الحاوية الداخلي من الهواء ويدخل بدلا عنه غاز (مثل الاركون او النيتروجين) للحصول على نتائج افضل .

4- حاويات خزن البذور Containerized Seed Storage :- خزن البذور بحاويات تعتبر طريقة خزن مطلوبة للبذور التي تكون ذات قيمة وراثية عالية (اصول وراثية Stock germ plasms) و يحافظ عليها داخل غرفة مصممة خصيصا لهذه الحاويات بتوازن رطوبي مسيطر عليه ، مع انظمة سيطرة على ظروف بيئة الخزن الاخرى . احيانا يستعمل التجفيف للسيطرة على مستوى رطوبة محدد في بيئة المخزن .

اهداف خزن الحبوب The Goals of Grain Storage

الحبوب التي تخرج من المخزن يجب ان تكون بنوعية جيدة . الهدف من الخزن هو لحماية نوعية وكمية المنتج ، لمواجهة طلب المستخدمين النهائيين . نوعية المنتج العالية التي تخرج من المخزن يجب ان يكون بصفات محددة وكما يلي

1- ان يكون المنتج بنقاوة عالية :- يجب ان يتم تنظف البذور قبل الخزن لازالة الخلط مثل الادغال ، بذور المحاصيل الاخرى والمواد الجافة (مثل القش) ، المخلفات النباتية وبعض بقايا التربة والحصى .

2- يجب ان تكون بحالة فيزيائية جيدة (من ناحية الشكل والحجم واللون) ويجب ان لا يوجد فيها تجعد ، تدهور ، تغير اللون .

3- احتوائها على اقل مايمكن من الضرر الميكانيكي (كسر اوشقوق وانقسامات) . ربما يسبب الحصاد الميكانيكي اضرار للبذور لذلك يحدث تسريع في التدهور في الخزن .

4- يجب ان تكون البذور بحيوية عالية . وهذه من المتطلبات الحرجة عندما تخزن البذور وتستعمل في النهاية لغرض الزراعة . يمكن لمعظم الاستعمالات ، خزن الحبوب لا يتطلب بقاء حيويتها . من جهة اخرى فان الحيوية المنخفضة تشير الى وجود مشكلة في الخزن (درجة حرارة او محتوى رطوبي غير ملائم) .

5- يجب ان لا تكون هناك اضرار عن الحشرات (ثقوب ، او جزء من الحبة تم قضمه من قبل الحشرات) . اضرار الحشرات شائعة عندما تخزن الحبوب بكميات كبيرة اضرار حشرات المخازن تتضمن فقد الوزن جراء تغذية الحشرات عليها ووجود الفضلات ، اجزاء الحشرات ميتة واخرى والتي تؤدي الى تقليل نوعية الحبوب وانتشار الامراض الانتقالية .

6- يجب عدم وجود عفن او اصابات مرضية . التجفيف الى المحتوى الرطوبي الامن للخزن يقلل حدوث العفن الداخلي او نمو مسببات مرضية اخرى . اضرار العفن في المخزن من المستحيل عمليا القضاء عليها ولكن يمكن حمايتها من الزيادة . الاصابة بالعفن يقلل الحيوية مع تشوه البذور يرافقها رائحة كريهه . او ربما يسبب انتاج مواد سمية تتكون في المنتج ويجعلها غير امنة للغذاء او العلف .

7- يجب ان لاتحتوي على تلوث من فضلات القوارض . الحبوب المخزونة تجذب القوارض . يجب ان تستعمل المصائد الميكانيكية والطعوم السامة لصيد او القضاء على هذه الافات

8- يجب ان لاتحتوي على بقايا المبيدات . احيانا من الضروري لادارة افات المخازن استعمال الكيميائيات . اختيار المبيد يجب ان يكون بعناية لتجنب التشكيك بالمنتج المخزون .

9- يجب ان لايكون هناك ايض للميكروبات السامة . الايض السام يتكون كنتيجة للاصابة بالعفن او الحشرات الموجودة تحت ظروف رطوبة عالية في المخزن .

10- عدم وجود فقد بالنكهة (الطعم) . ازالة الطعم ربما يتسبب عن طريق ارتفاع حرارة الصناديق او التخمير وعوامل اخرى . خزن الحبوب السائب (فل) يسبب حرارة غير مرغوبة تنتج من استعمال السكر بوساطة الميكروبات حسب معادلة التفاعل الاتية :

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{Heat}$$ حرارة

والتجفيف غير الملائم يعرض الحبوب المخزونة الى اضرار الحرارة . البذور المخزونة يكون لونها قاتم . الحنطة من الحبوب الحساسة جدا للحرارة ويمكن ان تتضرر في المخزن وتصبح غير ملائمة لانتاج الطحين . اضرار الحرارة كذلك تجعل البذور هشه وميالة اكثر للضرر الميكانيكي خلال النقل . بالاضافة الى فقد حيويتها . وكذلك وتكون غير ملائمة لانتاج منتجات محددة . احيانا البروتين والنشأ يتدهور في المخزن .

11- عدم وجود رائحة كريهة . هذا التلف يتسبب بوساطة الرطوبة العالية والاصابة المرضية للمنتجات .

12- يجب ان تكون الرطوبة مناسبة في المنتوج ، اعتمادا على بيئة الخزن ، من المهم خزن الحبوب بمحتوى رطوبي يجعلها تتجنب نمو الفطريات والتعفن . البذور

المحصودة من اجزاء مختلفة الموقع على النبات ربما تحتوي نسبة رطوبة مختلفة عند الحصاد ، وعندما تجفف صناعيا فهي غالبا لا يمكن جعلها بمستوى رطوبي واحد . بعض المنتجين يتعمدون خلط كميات مختلفة من البذور لمحاولة الوصول الى معدل محتوى رطوبي مرغوب .

تاثير درجات الحرارة والرطوبة في خزن الحبوب

Effect of Temperature and Moisture in Stored Grain

اثنين من العوامل الحرجة التي اذا تم السيطرة عليها فاننا نحافظ على نوعية الحبوب لفترة طويلة من الوقت . وهذين العاملين هما درجة الحرارة والمحتوى الرطوبي للحبوب . كما هو معروف فان البذور في الراس الواحد لا تنضج بصورة متجانسة ولكن بفترة قد تكون 3 – 10 ايام . بسبب هذه الحالة فان المحتوى الرطوبي للبذور يكون حوالي 25 – 30 % . وهذه الرطوبة تعتبر عالية جدا عند خزن البذور في حاويات (صناديق) . في السهول الساحلية وساحل الخليج العربي ادنى رطوبة موصى بها هي 11 – 12 % . عرانيص الذرة الصفراء يمكن خزنها برطوبة 20 – 21 % واقل من ذلك في فصل الشتاء .

عند تكون توليفة من الرطوبة العالية (13% او اكثر) ودرجة حرارة عالية (22م^0) فانها تسبب الاصابة بالكائنات الحية الدقيقة والحشرات مما يقود الى تلف الحبوب . تحت مثل هذه الظروف ، الحبوب تتنفس وتنتج حرارة و CO_2 وماء . هذا الماء الاضافي يزيد من المحتوى الرطوبي للحبوب .

اما الكائنات الحية المتواجدة في المخزن التي ادخلت من الحقل او الهواء مثل البكتريا والفطريات ولاسيما *Penicillium , Aspergillus Spp. , Fusarium , Helminthosporium* تؤدي الى احداث تعفن في الحبوب المخزونة . ان نشاط

التنفس للكائنات الحية ترفع درجة الحرارة في الحبوب (احيانا تصل الى 37 – 67 م^{0}) وهذه الحرارة الشديدة هي المسؤولة عن تلون الحبوب باللون الرمادي ، وحتى قد يظهر عليها علامات التفحم .

من المهم تهوية مثل هذه الصناديق لتجنب تكثيف الرطوبة التي تحدث بواسطة الحمل الحراري المتكرر (الهواء الدافئ في القعر يصعد خلال الحبوب ويحل محله الهواء البارد) . الجدول (4.15) يحدد المحتوى الرطوبي الامن لخزن الحبوب .

جدول 4.15. المحتوى الرطوبي للحبوب للخزن الامن

ت	المحصول	محتوى الرطوبة (%)
1	الرز (الشلب) ، الرز الخام	14
2	الحنطة ، الشعير ، الذرة الصفراء والبيضاء ، الدخن والبقوليات	12
3	الكزبرة والحلبة	10
4	قرنات فستق الحقل ، العصفر والخردل	6

1- خسائر الخزن Storage Losses :- خلال الخزن ، تتعرض الحبوب الغذائية الى خسائر مثل الفقد بسبب الافات المختلفة الذي يقدر بحوالي 6.5% هذا الفقد يتوزع على الحشرات (2.55%) ، القوارض (2.5%) ، الطيور (0.85%) والفطريات والكائنات الدقيقة الاخرى (0.68%) . عند نسبة رطوبة 13% للحبوب فان الفقد بالتنفس في (غم / كغم / سنة) هو للحنطة والرز (0.98) ،

الذرة البيضاء (1.76) والذرة الصفراء (2.92) . بينما عندما تكون الرطوبة عالية بمعدل 17% فان هذه الفقودات تكون 20.52 و 30.78 و 28.08 و41.04 غم / كغم / سنة للمحاصيل المذكوره بالتتابع . اضافة الى الفقد بالكمية ، فان نوعية الحبوب هي الاخرى ستتاثر بالخزن . والفقد بالنوعية يعتمد على مدة ومكان الخزن اذ ينخفض محتوى البروتين والاحماض الامينية الحرة في الرز والذرة البيضاء . ومحتوى المواد السامة (Aflatoxin) تكون اعلى في الذرة البيضاء من الرز .

2- وسائل الخزن Storage Facilities :- تخزن الحبوب اما في اكياس او سائبة (فل) . وسائل الخزن هذه تتطلب توفير ظروف معينة :

- حماية الحبوب من الرطوبة والحشرات والقوارض .
- توفير امان الحفظ عند حركة الحبوب في او خارج المخزن .
- امكانية التفتيش بدون اخراجها من المخزن .
- توفير التهوية المسيطر عليها
- احكام سد منافذ الهواء او أي منافذ اخرى لعمل التبخير .

هناك حاويات للخزن مصنوعة من الستيل او الالمنيوم تستخدم لخزن الحبوب خارج البيوت ومن محاسن هذه الحاويات انها تكون ضد النار والرطوبة . اما السايلوات فهي حاويات معلقة تصنع اما من الستيل او الالمنيوم او الكونكريت . طاقة الخزن لها من 500 – 4000 طن لكل حاوية .

خزن العلف Storage of Fodder

من الضروري توفير العلف الاخضر او العلف الجاف على مدار السنة لتغذية الماشية ، بهدف انتاج الحليب واللحوم ولكن هذه الاعلاف لاتكون جاهزة على مدار السنة بسبب اختلاف الظروف الجوية وطبيعة زراعة ونمو المحاصيل العلفية . النقص بالعلف يحدث خلال الصيف في بلدان معينة وفي الشتاء في بلدان اخرى ولحل هذه المشكلة فان العلف الاخضر يخزن بصورة رئيسية اما بشكل دريس او بشكل سايلج .

1- الدريس Hay :-هو أي محصول علفي يقطع قبل مرحلة النضج النهائي ويجفف للخزن . قش الحبوبيات هي الشائعة الاستعمال كعلف للابقار وبما ان هذه المحاصيل تحصد عند مرحلة النضج النهائي فان الكربوهيدرات والبروتينات تكون قليلة فيها لكونها انتقلت الى الحبوب .

نوعية عالية من الدريس تصنع من البقوليات والحشائش التي تقطع عند المرحلة الملائمة للنمو وتجفف بعناية لتجنب فقد المغذيات . حشيشة برمودا bermuda (grass) *Cynodon dactylon* وحشيشة التايموتي (timothy grass) *Setaria sphacelata* والشوفان تعد من الحشائش الملائمة لعمل الدريس والجدول (4.15) يبين الوقت المثالي لحصاد المحاصيل لغرض عمل الدريس .

جدول 4.15. الوقت المثالي للحصاد وعمل الدريس

ت	المحصول	وقت الحصاد
1	الحشائش والنفل	الازهار المبكر الى الازهار التام
2	الحبوبيات	الطور العجيني الطري الى الطور العجيني المتوسط
3	فول الصويا	نمو نصف القرنات
4	اللوبيا	تكون القرنات

عمل الدريس يحتاج الى عمليتين هما التجفيف والمعالجة اذ يجفف الى 25% محتوى رطوبي او اقل . يقطع المحصول ويترك في الحقل بطبقات خفيفة ويترك ليجف (1 – 2 يوم) ، بعدها يوضع تحت السقائف لتجنب فقد الكاروتين والمادة الخضراء ، بعدها يعمل على تدويره (تقليب) من اجل التجفيف المتجانس .

الجدول (5.15) يبين ان نوعية الدريس واحتوائه من المغذيات يختلف باختلاف مرحلة نمو النبات ، في محصول الجت كمثال . البروتين الخام قبل الازهار يكون حوالي 22% بينما عند تكون البذور يكون حوالي 14% على العكس الالياف الخام تكون قبل الازهار حوالي 25% بينما عند تكون البذور تكون بنسبة 37% وهذا الاتجاه يتشابه مع الحشائش ايضا .

جدول5.15. تاثير مرحلة النمو على التركيب الكيمياوي للدريس

ت	المحصول ومرحلة النمو	المركبات الكيمياوية (%)				
		الرماد	البروتين الخام	الالياف الخام	النيتروجين الحر المستخلص	مستخلصات الدهون
1	البقوليات (الجت)					
	قبل الازهار	11.4	21.98	25.13	38.72	2.93
	منتصف الازهار	10.69	18.84	28.12	39.45	2.90
	ازهار كامل	9.36	18.13	30.82	38.70	2.99
	مرحلة البذور	7.33	14.06	36.61	39.61	2.39
2	الحشائش (التايموث) Timothy					
	عدم مشاهدة الرؤس	8.41	10.18	26.31	50.49	4.61
	بداية التسنبل	7.61	8.02	31.15	49.14	4.07
	ازهار كاملة	6.10	5.90	33.74	51.89	2.38
	البذور (الطور العجيني)	5.38	5.06	30.21	56.48	2.87
	البذور (مرحلة النضج)	5.23	5.12	31.07	55.87	2.72

2- عمل السايلج Making of Silage :- السايلج Silage (او علف مسلوج ensilage) هي محاصيل علف محفوظة في ظروف تكون طرية بوساطة عمليات

التخمير (تحت ظروف لاهوائية) . التخمير يحدث خلال اول شهرين او ثلاث . يتكون من خلال عملية التخمير الحامض الذي يعمل على حماية العلف لفترة 12 – 18 شهر . العملية التي تجرى لعمل السايلج تعرف بالسيلجة . في المناطق الرطبة التي يكون فيها توالي الامطار يكون عمل السايلج اسهل من عمل الدريس . من بين محاصيل عدة يكون محصول الذرة الصفراء اكثر ملائمة لعمل السايلج ، لكون حاصلها الاخضر اعلى من اغلب المحاصيل الاخرى كما ان الذرة البيضاء (كلا النوعين الحلوة وغير الحلوة) وحشيشة السودان كذلك ملائمة بشكل جيد لعمل السايلج . كما ان خليط الحشائش والبقوليات يمكن ان يعمل منها سايلج جيد .
السايلج يمكن ان يخزن في واحدة من اربعة انواع حاويات :-

1- **صوامع القبو Bunker Silos :-** وهي تقام فوق الارض من الكونكريت او الخشب .
2- **صوامع الخندق Trench Silos :-** تشيد صوامع مع الخندق ، بحيث يكون مستوى اعلى الحاوية مع مستوى سطح الارض .
3- **صوامع كومة Stock Silos :-** وهذه تعمل بتراكم السايلج بعضه على بعض بشكل اكوام على الارض ثم يغطى بصفائح من البلاستك .
4- **صوامع برج Tower Silos :-** تكون دائرية التركيب مع جدران عمودية تصل حوالي 18 – 20 متر (الارتفاع) و 9 متر (القطر) .

بعد تعبئة السايلج في مكان الخزن فان التنفس يستمر لبعض الوقت بفضل وجود الاوكسجين . وجود البكتريا الهوائية والخمائر مع حصول التعفن فان الاوكسجين يستنزف خلال 4 – 5 ساعات خلال هذه العملية فان CO_2 سيتحرر وتزداد درجة الحرارة . في اليوم الرابع تصل درجة الحرارة الى 29 – 40م^0 بفضل الظروف اللاهوائية . يزداد نشاط البكتريا اللاهوائية وتعمل على الكاربوهيدرات لتكون CO_2 و Lactic acid و Butyric acid و Propionic acid وكمية قليلة من الكحول

Alchohol . يمكن ان تضاف مواد ثانوية مثل المولاس والحبوب ولب الحمضيات التي تعمل على اضافة كاربوهيدرات الى العلف (جدول 6.15) .

جدول 6.15. الكميات التي تضاف لكل 100 كغم من العلف الاخضر

ت	مادة السايلج	المضافات
1	حشائش لوحدها	2.7 – 3.6 كغم من المولاس او 4.5 كغم من لب الحمضيات او لب البنجر او 4.6 – 6.8 كغم من حبوب المحاصيل الحبوبية المكسرة
2	بقوليات وحشاش	3.6 كغم من المولاس او 4.5 كغم من لب الحمضيات او لب البنجر او 6.8 – 9.0 كغم من حبوب المحاصيل الحبوبية المكسرة
3	البقوليات لوحدها	3.6 – 4.5 كغم من المولاس او 6.8 كغم من لب الحمضيات او لب البنجر او 6.8 – 11.3 كغم من حبوب المحاصيل الحبوبية المكسرة

النوعية الجيدة من السايلج هو الذي يكون لونه اخضر ومذاقه مرغوب وبدون تعفن ويجب ان يكون متماثل اللون والمحتوى الرطوبي . ولونه بني غامق وحموضته اقل من 4.0 ومحتوى امونيا منخفض ، وقليل او بدون حامض Butyric acid وبنسبة 3 – 13 % من حامض الـ Lactic acid .

الفصل السادس عشر

نوعية الانتاج المحصولي

QUALITY OF CROP PRODUCE

الانتاج المحصولي يشمل الحبوب والبذور والعلف ومتبقيات المحاصيل . اما نوعية الانتاج المحصولي فتشمل كلا التغذية ونوعية التسويق . الممارسات الادارية تؤثر بشكل كبير على نوعية المنتج . بعض التطبيقات والعمليات تساعد في تحسين النوعية التغذوية للحبوب اضافة الى تحسين نوعية العلف ومتبقيات المحصول . ان نوعية المنتجات الزراعية من الاهمية الكبرى بمكان لكي نقوم بملاحظة ومتابعة السوق العالمية ومنظمة التجارة العالمية لكي يعمل القائمين عليها على تحسين منتجاتهم لمواكبة المتطلبات العالمية من ناحية النوعية والقيمة الاقتصادية .

النوعية الغذائية Nutritional Quality

تستعمل الحبوب لمختلف المحاصيل بشكل رئيسي لغذاء الانسان ، اما الحبوب العلفية ومتبقيات المحاصيل فتستخدم لتغذية الحيوانات (الماشية والدواجن) . اسس تغذية الانسان والحيوان هي تقريبا نفسها اذ تتضمن الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والمعادن والفيتامينات ولكنها تختلف في مصدر التجهيز لهذه المتطلبات فقط . تحدد نوعية الحبوب بواسطة الفحوصات الكيمائية والفيزيائية ونوعية الحبوب لها معاني عدة اعتمادا على الاستعمال .

التغذية الحيوانية Animal Nutrition

يمكن ان تقسم الثروة الحيوانية الى مجترات كبيرة ومجترات صغيرة وطيور . المجترات الكبيرة هي الابقار والجاموس ، بينما المجترات الصغيرة هي الاغنام والماعز ، اما الدجاج فيدخل تحت تقسيم الطيور .

علف الحيوان يمكن ان يقسم الى علف خشن ، علف اخضر ، مركزات واضافات عناصر مغذية وخلائط مغذية . يستهلك العلف الخشن بكميات كبيرة من قبل الحيوانات . تكمن اهمية و نوعية العلف الخشن على المصدر ونوع متبقيات المحاصيل التي تتكون منها والعلف يمكن ان يكون اخضر او جاف ويمكن ان يخزن على هيئة دريس او سايلج . هناك اختلافات مهمة بين الاعلاف الخشنة التي مصدرها البقوليات والتي مصدرها غير البقوليات في محتوى البروتين الخام ، الذي يكون المهضوم منه اعلى في الاعلاف البقولية وان هناك اختلافات نوعية بين قش الرز ، الحنطة ، الذرة الصفراء والبيضاء والدخن . تعتبر قشور فستق الحقل من الاعلاف الخشنة البقولية المهمة التي تحتوي على بروتين عال . الاعلاف الخشنة تحتوي على مركبات اخرى مثل اللكنين ، السلسيلوز ، الهيميسليلوز والبروتين الخام .

تغذية الانسان Human Nutrition

يستهلك البشر الغذاء لأجل النمو والادامة وتحسين الصحة ، فالكربوهيدرات مهمة في المواد الغذائية لتحسين الطاقة ، البروتين لنمو النسيج ، الدهون لحفظ الطاقة ، المعادن لتوازن الطاقة ، الفيتامينات لنشاط الانزيمات . من المشاكل التي تواجه تغذية الانسان هي نقص البروتين .

المعايير النوعية للمحاصيل Quality Parameters of Crops

يعد الرز هو الغذاء الرئيسي الثابت لأكثر من 60% من سكان العالم ويعد من المصادر العالمية للطاقة ويحتوي على بروتين اقل مقارنة بالحنطة . يقدر محتوى الرز من البروتين 6 – 7 % ولكنه مفضل على باقي الحبوبيات من ناحية الاحماض الامينية محتوى الرز من الدهون منخفض (2 – 2.5 %) وتفقد كمية من الدهون خلال عمليات الطحن . كما يحتوي الرز على نسبة منخفضة من الكالسيوم مع مجموعة من فيتامين B . سعر السوق للرز يحدد على اساس المظهر مثل (حجم الحبة وشكلها ، درجة التهبيش ، صلابة الحبة وشفافية الحبوب ونوعية الحبة) .

الحنطة المزروعة يمكن تقسيمها الى حنطة الخبز السداسية (Bread wheat *Triticum aestivum* L.) والحنطة الخشنة الرباعية (Durum wheat *Triticum durum*) والحنطة الثنائية (*T. dicoccum*) Dicoccum wheat . الحنطة الثنائية تميل الى الحمرة في اللون . واستطالة في الشكل و وزن الف حبة والكثافة اقل بصورة كبيرة من الحنطة الرباعية (الخشنة) وصلابة الحنطة الثنائية تكون بمدى 3.19 – 6.66 كغم / حبة . محتوى الحنطة من البروتين اكثر من الحبوبيات الاخرى عموما . للحنطة محتوى عال من اللايسين والثايمين . كما ان بروتينات الحنطة لها خصوصية كبيرة لاحتوائها على مادة الكلوتين التي هي اساسية جدا لعمل الخبز .

حبوب الذرة الصفراء تحوي حوالي 10% بروتين ، 4 % زيت ، 70% كربوهيدرات ، 2.3% الياف خام ، 10.4% البومين ، 1.4% رماد . بروتين الذرة الصفراء قليل المحتوى من التربتوفان واللايسين التي تعد من الاحماض الامينية الاساسية .

يحتوي فستق الحقل على 50% زيت و 28% بروتين وكربوهيدرات ونسبة جيدة من حامضي Olic acid الى Linolic acid (O / L) ، زيت فستق الحقل

يستعمل للأغراض الصناعية ، كما ان فستق الحقل يعد مصدر جيد لكل الفيتامينات ماعدا B_{12} و A وهي غنية بالثايمين والرايبوفلافين وحامض النيوكتين وفيتامين E وهي مصدر جيد للمعادن Fe , Ca , P .

مصادر المغذيات Sources of Nutrients

المصادر الرئيسة للكربوهيدرات في تغذية الانسان هي الرز ، الحنطة ، الذرة الصفراء ، البيضاء ، الدخن والبطاطا . المصادر الرئيسة للبروتين في غذاء الانسان هي البقوليات ، الحنطة ، الحليب ومشتقات الحليب واللحوم . المصادر الرئيسية للزيت هي فستق الحقل ، زهرة الشمس ، الذرة الصفراء ، العصفر ، الخردل ، السلجم ، جوز الهند وزيت النخيل . خضراوات الاوراق الخضراء غنية لمصادر Cu , Mn , Fe . البقوليات مصدر جيد للـ Ca , P .

نوعية البذور Seed Quality

حجم البذرة والنضج والوزن تؤثر في الانبات والحيوية ولكن عند وصول البذور الى النضج الفسيولوجي فان حجم البذرة لا يؤثر بشكل كبير على الانبات والحيوية وهناك عاملين يؤثران على نوعية البذور هما :-

1- التغيرات خلال الخزن Changes During Storage :- عندما تكون رطوبة البذور عالية فلابد من العمل على خفضها تدريجيا الى ان تصل الى النسبة الملائمة للخزن . لقد لوحظ ان حيوية الانبات تنخفض تدريجيا مع طول فترة للخزن كما يحدث تدهور في محتوى الكربوهيدرات والزيت والبروتين ويكون هذا التدهور كبيرا كلما كانت ظروف الخزن غير مثالية .

2- ممارسات الادارة Management Practices :- ان اعادة تطبيق بعض العمليات على البذور المخزونة تؤدي الى فقد بعض خواصها النوعية . عند نقع

البذور في الماء يتبعها التجفيف يؤدي الى زيادة الانبات في الذرة الصفراء . هناك بعض المعاملات الاخرى التي تؤدي الى تحسين الانبات مثل التعفير ضد افات الامراض واستخدام منظمات النمو . فقد وجد ان قوة الانبات تزداد عند معاملة البذور بـ acetic acid بمحتوى 20 جزء بالمليون (PPm) في الذرة الصفراء . الرش بـ GA_3 بمستوى 75 غم / هـ تؤدي الى زيادة الانتاج لبذور هجن الرز وذلك عند الرش في بداية بزوغ الداليات وان اضافة السماد الورقي من كبريتات الزنك عند نشوء الداليات ومرحلة البطان ومرحلة 50% تزهير تزيد من حاصل الحبوب طريقة التجفيف تؤثر في نوعية البذور فعند تجفيف قرنات فستق الحقل على درجة 50م^0 يؤدي الى خفض حيوية البذور . كما ان نوعية البذور تعتمد على وقت الحصاد او مرحلة نضج البذور عند الحصاد وان طريقة التفريط تلعب دورا مهما في نوعية البذور والخزن فقد تحصل اضرار ميكانيكية للبذور عند التفريط بطريقة غير ملائمة .

معاملة البذور وحاويات الخزن لها تأثير هي الاخرة على الانبات وطول فترة الخزن ، فالذرة الصفراء المخزونة في اكياس جوت تكون ذات انبات جيد لأكثر من 3 اشهر فقط بالمقارنة مع البذور المخزونة بأكياس بولي اثيلين كما ان معاملة البذور بالمبيدات المضادة للأمراض والحشرات تؤدي الى زيادة عمر الخزن .

ممارسات الادارة لإنتاج النوعية

Management Practices For Produce Quality

نوعية المنتجات تتأثر بكل من التطبيقات الزراعية والبيئية والوراثية . اكثر التطبيقات الادارية اهمية التي تؤثر على نوعية المنتج هي :- وقت الزراعة (البذار)، ادارة المغذيات ، ادارة المياه ، ادارة الادغال ، ادارة الامراض والآفات ، الحصاد والتفريط ، الخزن ، استعمال الكيمائيات الزراعية ، كما ان الاصناف (التراكيب الوراثية) تلعب دورا مهما في الحصول على نوعية جيدة للمنتجات .

1- الزراعة (البذار) Sowing :-تتأثر نوعية المنتج بالظروف البيئية التي تواجه نمو المحصول . ان التركيب الكيميائي لبذور الحنطة تتأثر بالظروف البيئية ، فالحنطة الخشنة المزروعة في المناطق شبه الجافة يكون حاصلها عالي مع محتوى بروتين وكلكوز وفركتوز وسكروز افضل من تلك المزروعة في المناطق الجافة ونفس الامر بالنسبة لنوعية محاصيل عدة عند زراعتها في مناطق جافة او شبه جافة او رطبة . كما تتأثر نوعية المنتج بالتباين في درجات الحرارة اليومي والاسبوعي والشهري . في حالة فستق الحقل عندما تكون درجة حرارة التربة اعلى من 35م^{0} يؤدي الى خفض حاصل القرنات والنوعية كما ينخفض محتوى السكروز . كما لوحظ ان محتوى الزيت في زهرة الشمس يزداد وان محتوى البروتين ينخفض عند التأخير في موعد الزراعة عن الموعد الموصى به .

2- معاملة البذور Seed Treatment :- تعامل البذور بمبيدات الحشرات . مثلا عند معاملة بذور فستق الحقل بمبيد Chlorpyriphos بكمية 6 مل / كغم تؤدي الى حماية المحصول من دودة الجذور مما يؤدي الى تحسين نوعية القرنات المنتجة من ناحية احتوائها على العناصر الغذائية المهمة للإنسان . هناك محاصيل واصناف تكون حساسة للمعاملة بالمبيدات واخرى تكون اقل حساسية .

3- الاصناف Varieties :- تختلف المحاصيل واصنافها في صفاتها النوعية من حيث احتوائها على المركبات الكيمياوية المهمة (بروتين ، كاربوهيدرات ، زيت ، معادن ، فيتامينات) ويمكن تحديد محتوى كل من هذه العناصر لكل محصول ولكل صنف من اصناف المحصول بوساطة طرائق التحليل الكيمائي لها وبذلك نستطيع تحديد القيمة النوعية لها .

4- ادارة المغذيات Nutrients Management :- يمكن تحسين نوعية منتجات المحاصيل بوساطة اضافة السماد الحيواني الحقلي ، خليط الاسمدة العضوية ، مركزات الاسمدة العضوية ، الاسمدة الخضراء ، الاسمدة الكيميائية والمغذيات الصغرى . مثلا اضافة النيتروجين يزيد محتوى البروتين في الرز والحنطة والذرة

الصفراء والخردل ومحاصيل اخرى . واضافة الاسمدة الفوسفاتية تزيد محتوى الزيت والبروتين لفول الصويا والخردل وفستق الحقل . واضافة الجبس يزيد الانبات عندما يكون محتوى التربة من Ca اقل من 130 ملغم / كغم . نشأ الحبوب والسكر يزدادان عند الرش بحامض البوريك Boric acid بتركيز 20 جزء بالمليون (PPM) تركيز Zn في حبوب الرز والقش يزداد عند اضافة سلفات الزنك بكمية 50 كغم / هـ . الاحلال الجزئي للأسمدة العضوية يؤدي عموما الى تجهيز متوازن للمغذيات ويزيد من حيوية الكائنات الدقيقة ومقاومة الامراض ويحسن امتصاص K , P . هذه الاستجابة تتشابه مع محاصيل العلف التي يتحسن فيها كمية الحاصل والنوعية عند اضافة (سماد حيواني + NPK) بأعلى مستوى بالمقارنة مع سماد NPK لوحده .

-5 ادارة الماء Water Management :- ادراة الماء تؤثر في نوعية المنتجات الزراعية من خلال تأثيرها في علاقة الماء بالنبات والتركيب الضوئي والنمو وكذلك يؤثر في الامتصاص العالي للمغذيات وان الري المتوازن عموما يزيد من وزن الحبة في المحاصيل الرئيسة . محتوى البذور من الزيت ومحتوى حامض الاوليك يكون اعلى في حالة الري من حالة الزراعة الديمية . نسبة القشور، محتوى البذور من الزيت ، وزن 100 بذرة ونضج الحبوب تكون اعلى عندما يكون الري منتظم . الشد الرطوبي يزيد من محتوى الكربوهيدرات الكلي والذائب في بذور فستق الحقل ولكن محتوى البروتين لم يتأثر بالجفاف . شد الجفاف في منتصف الموسم يخفض محتوى الزيت بينما محتوى البروتين يكون عاليا عند ري الرز عند السعة الحقلية بالمقارنة مع الري عند 20 % من الماء الجاهز . ان قطع الري عند تكوين القرنات وتطورها او في مرحلة نضجها يؤدي الى ضعف محتوى الزيت في البذور . الري بالماء المالح يخفض محتوى البروتين ويزيد الاحماض الامينية الحرة ومحتوى السكر . الري يخفض محتوى البروتين في الذرة الصفراء بـ 5 – 7 غم / كغم ويزيد اللايسين بـ 1 – 2 غم / كغم.

6- **ادارة الادغال Weed Management :-** اضافة مبيدات الادغال والتعشيب (ازالة الادغال) يزيد من محتوى الاميليز ومحتوى البروتين في حبوب الرز بالمقارنة مع الحبوب الناتجة من حقول غير معشبة (غير مزاله الادغال) . ان اضافة مبيدات الادغال تزيد نسبة حامض الاوليك الى لينوليك (O / L) في فستق الحقل .

7- **ادارة الافات الحشرية Insect Pest Management :-** تسبب الحشرات اضرار كبيرة للمحاصيل وان مكافحتها ضرورية باستعمال طرق مختلفة من بينها استعمال مبيدات الحشرات . بعض هذه المبيدات تبقى في الحبوب او في المنتج الاقتصادي تسمى متبقيات المبيدات ، التي تقلل نوعيتها الغذائية ومنتجاتها الثانوية. كذلك الحشرات تسبب الضرر للحبوب المخزونة والاوراق والاجزاء الاقتصادية الاخرى مما يؤدي الى تردي نوعية المنتج كما تؤدي الحشرات الى فقد الثايمين والرايبوفلافين والنايسين في حبوب الحنطة والذرة الصفراء والبيضاء بينما تزداد مضادات المغذيات مثل Polyphenol و Phytic acid في الحنطة والذرة الصفراء والبيضاء تزداد مع زيادة كميات الحبوب المصابة والمتسببة بواسطة *Rhizopertha dominica* , *Tricoderma granarium* اذ ان الاصابة الحشرية بنسبة 50% و 75% للحنطة والذرة البيضاء بالتتابع يزيد من محتواها بسبب نشاط تغذية الآفات الحشرية .

8- **ادارة الامراض Disease Management :-** تزيد مكافحة الامراض من النمو والحاصل لمحاصيل عدة وكذلك تزيد من نوعية المنتج ان رش محصول فستق الحقل بمبيدات الامراض يزيد حاصل القرنات ومحتوى الزيت ومحتوى حامض الاوليك واللينوليك بينما حبوب الرز تتدهور بسبب الاصابة الفطرية .

9- **الحصاد Harvesting :-** وقت الحصاد له تأثير كبير على نوعية المنتج . النوعية الجيدة للمنتج يمكن الحصول عليها عند الحصاد في النضج الفسيولوجي او النضج التام . الحصاد المبكر او المتأخر له تأثير سلبي على النوعية . الطقس عند الحصاد

يعتبر مؤثر على نوعية المنتج وكذلك الامطار عند الحصاد تخفض نوعية المنتج وهناك علاقة موجبة بين كمية المطر الساقط وتغير لون حبوب الرز . زهرة الشمس تنتج بذور جيدة النوعية مع انبات عال عند الحصاد بعد 30 يوما من التلقيح والاخصاب . داليات الرز يكون وزنها اكبر بمعدل 66.4% عندما تحصد الحبوب بنسبة رطوبة 22 – 25% من تلك المحصودة عند نسبة 16 – 19 % رطوبة ، فالحد الاعلى لرطوبة الحصاد تكون بمدى يتراوح بين 15 – 18% للداليات العليا لمحصول الرز

10- الخزن Storage :- يعتمد الخزن الامن للمنتجات الزراعية على رطوبة البذور و درجات الحرارة والرطوبة النسبية للجو المحيط بها داخل المخزن . يزداد مستوى تدهور البذور مع زيادة الرطوبة النسبية . تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية فان النوعية المنخفضة للبذور تتدهور اسرع من البذور ذات النوعية العالية. البذور عالية النوعية يمكن خزنها تحت 30 م^{0} لمدة 6 اشهر ، عندما تكون ظروف الخزن عند 50% رطوبة نسبية او محتوى البذور من الرطوبة يكون 6% .

يعتمد الخزن الامن للمنتجات الزراعية كذلك على تركيب المخزن وطبيعة الاكياس او العبوات المستخدمة للتعبئة في المخزن . التغيرات في الصفات الفيزيائية والتركيبية تكون اقل ما يمكن عند الاصابة الحشرية لحبوب الحنطة المخزونة في صوامع مقارنة مع تلك المخزونة في اكياس جوت . انبات حبوب الرز المخزونة في اكياس جوت ينخفض من 85% الى 47% في 8 اشهر من الخزن ، بينما انبات الحبوب المخزونة في براميل نباتية وصناديق خشبية تكون 80 – 90 % و 84 – 95% بالتتابع خلال فترة الخزن المذكورة كون الاصابة الحشرية تزداد في الحبوب المخزونة في اكياس جوت بالمقارنة مع المخزونة في براميل مصنوعة من المواد النباتية وصناديق الخشب . حبوب الذرة الصفراء يمكن خزنها تحت الظروف الطبيعية المحيطة اكثر من 4 – 5 اشهر .

ادارة السموم Management of Toxins

الافلاتوكسين هي سموم تنتج بواسطة فطر *Aspergillus flavus* وانواع فطرية اخرى . عندما تكون الظروف ملائمة فان الفطريات تخترق الحبوب او البذور او القرنات وتنتج السموم . هذه السموم تكون مسرطنة احيانا ومؤثرة على الانسان والماشية والطيور . اجراء التطبيقات الادارية المناسبة مطلوبة لإنتاج وادامة نوعية عالية للمنتجات الزراعية ويجب تطبيق الفحص المستمر على وجود الافلاتوكسين في بذور فستق الحقل والذرة الصفراء ومادة الطحين . يمكن خفض نسبة الافلاتوكسين في الحبوب عند تعريضها الى درجة حرارة 130 م^0 لمدة 15 دقيقة عند رطوبة 30% .

تختلف الاصناف والمحاصيل في قابليتها على تحمل الاصابة بـ *A. parisiticus* وانتاج الافلاتوكسين ومن المحاصيل التي لها قابلية عالية على انتاج الافلاتوكسين هي الرز ، الحنطة ، الذرة الصفراء ، الذرة البيضاء ، فستق الحقل ، فول الصويا ، اللوبيا والماش وان المحاصيل التي تحوي نسبة دهون عالية تكون اكثر انتاجا للافلاتوكسين . الافلاتوكسين في زيت فستق الحقل يمكن ان يثبط نشاطه عند حفظ الزيت في عبوات بلاستيكية او زجاجية وتركه تحت اشعة الشمس المباشرة لمدة ساعة واحدة كما وجد ان ايونات النحاس والحديد لها خاصية تثبيط تأثير الافلاتوكسين المنتج.

التصنيع Processing

تصنيع المنتجات الزراعية تعمل من اجل سهولة الاستهلاك والخزن الامن وسهولة النقل . بعض هذه العمليات المهمة مثل الطبخ ، الخبز ، التبييض ، التحميص ، الحماية اذ يؤدي التخمير الى انخفاض طول مدة الخزن في الاسواق . انخفاض نوعية الغذاء مع تكوين طعم ردئ في الغذاء بسبب التزنخ هي بعض المشاكل التي تواجه الادامة والمحافظة على نوعية المنتج . مثلا نقع وتحميص الحبوب والبقوليات تزيد من الحيوية البيولوجية للكالسيوم والفسفور والزنك والنحاس . الطبخ يحطم التربسين Trypsin لحبوب البقوليات ومحتوى حامض التاينيك والاوكزالات وحامض الفاتيك

ينخفض بسبب الطبخ . تحميص حبوب الفستق مع اضافة الملح يحسن المذاق والتحميص يخفض البروتين الخام ويزيد محتوى الاحماض الامينية الحرة . الطبخ او المعاملة الحرارية عموما تقلل مضادات التغذية في حبوب المحاصيل الحبوبية والبقوليات والطبخ يحسن جاهزية Fe و Zn , Cu , Ca , Mg بحوالي 19 – 100 % ، 22 – 100% ، 18 – 83% و 11 – 61% للايونات بالتتابع .

التهبيش وازالة القشور والطبخ يزيد محتوى البروتين ولا يخفض محتوى السكر في الرز . ازالة القشور والطبخ يزيد القابلية الهضمية .

من الصفات المهمة للطحين هي الصفات الكيميائية ، البيوكيميائية وتحلل النشأ وتشرب الطحين بالماء . بروتينات الحنطة ولاسيما الكلوتين الذي هو اساس لعمليات الخبازة يمكن تحسينها باستعمال حنطة جيدة النوعية لإنتاج الطحين مع اضافة (تدعيم) بروتين لجعل الطحين غني بها .

يمكن استعمال بروتين الذرة الصفراء والرز كمصادر بروتينية نباتية لتدعيم المغذيات ومنتجات الخبز . خلط 10% من طحين فول الصويا مع طحين الحنطة يمكن ان يحسن نوعية الطحين والخبز كما يمكن تدعيم طحين الحنطة بالحديد بواسطة اضافة حامض الاسكوربيك .

الفصل السابع عشر

تربية وتحسين المحاصيل

BREEDING AND IMPROVEMENT OF CROP

مربو النبات يتلاعبون وراثيا بنباتات المحاصيل لغرض الانتاجية العالية . المهتمين بعلم الوراثة يعملون على (مورثات) يمكن اعادة توليفها لاستنباط اصناف ذات انتاجية عالية ، في ظروف زراعة هذه الاصناف مع شرط الاهتمام بعوامل النمو مثل الرطوبة والمغذيات . بعض الاهداف الخاصة لوراثة النبات تضم :-

1- تحسين انتاج الجزء الاقتصادي المطلوب (حبوب ، زيوت ، علف ، بروتين وغيرها) .
2- تحسين نوعية المنتج المطلوب (نوعية البروتين مثلا) .
3- تطبع المحصول للظروف البيئية لمناطق مختلفة .
4- تغيير الشكل الخارجي للنبات مثل (تغيير المتسلق او الزاحف الى صنف قائم)
5- حماية النباتات من الامراض والآفات .

يتم دراسة هذا الفصل المعني بتحسين المحاصيل كعلم وفن بنفس الوقت حيث تم تقسيم الفصل الى اربعة اقسام رئيسة القسم الاول هو مبادئ الوراثة ، الثاني منهجية تربية النبات التقليدية ، الثالث يسلط الضوء على اهداف تربية النبات الشائعة ، الرابع مكرس الى مناقشة التقنية الاحيائية في تحسين النبات .

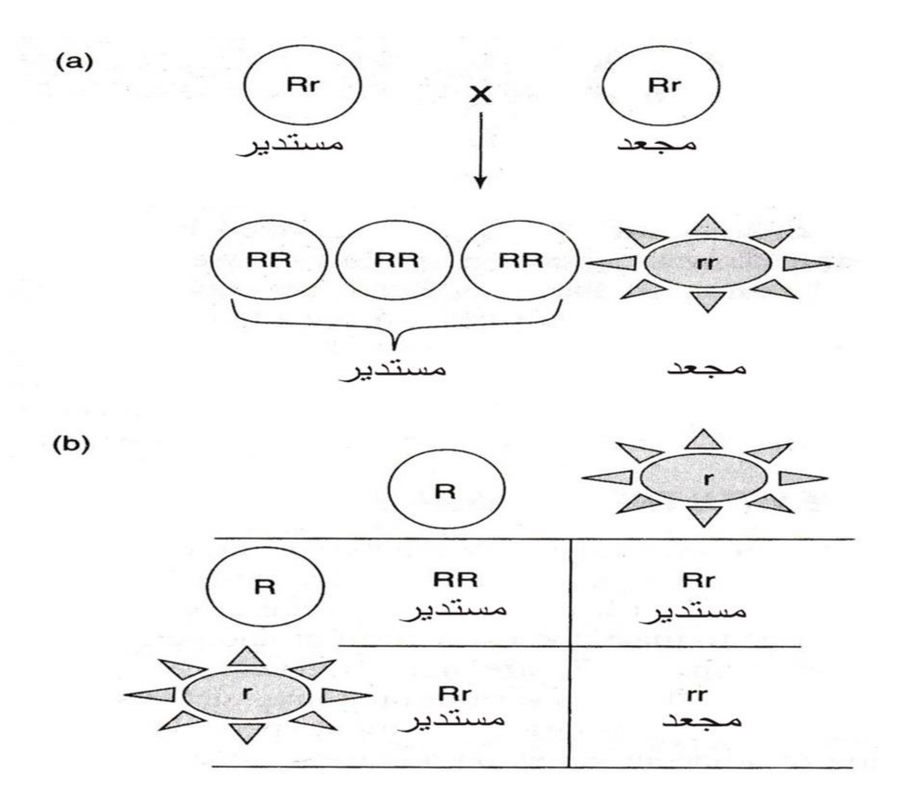
سيطرة الجينات في التعبير عن الصفات المورثة

Genes Control The Expression of Heritable Traits

علم الوراثة مهم في دراسة وتطبيق تربية النبات . مندل (gregor mendel) اول من اكتشف صفات النبات التي تنتقل من الاباء الى الابناء واكتشف تلك الصفات المسيطر عليها بوساطة عوامل التوريث التي تدعى الجينات (genes) او المورثات

والجينات تتكون من اليلات (alleles) كل زوج من الاليلات تقع في موقع على الكروموسوم وتتفاعل لإظهار الصفة .

على سبيل المثال ، لاحظ مندل ان جين لون الزهرة على نبات البزاليا له اثنين من الاليلات ، احدهما يتحكم باللون الارجواني والاخر باللون الابيض . عندما يتم التلقيح بين نباتين من هذا النوع ، سيكون للجيل اللاحق لون الازهار الارجواني . عند التضريب بين اثنين من هذه الابناء (ارجواني الزهرة) مع تلقيح ذاتي ، لاحظ ان كلا اللونين الارجواني والابيض قد ظهر في النسل الناتج (الشكل 1.17) . يظهر ان لون الزهرة الارجوانية مسيطر عليه بالاليل السائد الذي يكون متغلبا على اليل الزهرة الابيض (الاليل المتنحي) . في التضريب الاول تم انتاج الجيل الاول (F_1) First Filial gene ratiory بعد التضريب الذاتي لاثنين من $F1_s$ ، ظهر الاليلين في الجيل الثاني (F_2) .



شكل 1.17.يوضح قوانين مندل (a) السيادة والتنحي (b) الانعزال في لقائح الهجين الاحادي مع السيادة . التعبير بالنسبة للاليل المتنحي يتم كبحه في الجيل الاول الا ان التعبير عنه يحصل في الجيل الثاني

وضع مندل قوانين لتوضيح هذه الوقائع :-

1- قانون مندل الاول (قانون الانعزال The Law of Segregation) ينص هذا القانون :- ان زوجي الاليلات للجين تنفصل بشكل مستقل عند تكوين الكميتات لتعود وتكون زوج في النهاية في اي كميت (بويضة او حبة اللقاح) .

2- قانون مندل الثاني (قانون التوزيع الحر The Law of Independent assortment) هذا القانون ينص :- ان زوج الاليلات للجين المؤثر في صفات مختلفة تنفصل عن بعضها عند تكوين الكميتات وتجتمع عشوائيا لتكوين الزايكوت (الكميت المخصب) .

هذا اذا كان التضريب احادي (التضريب الاحادي monohybrid cross) ، ولكن التعقيد يظهر في حالة التضريب الثنائي (dihybrid cross) او التضريب الثلاثي (trihybrid cross) . على مربي النبات ان يعرف توارث الصفة قبل ان يضع استراتيجية التحسين الوراثي . تختلف طرائق التربية للصفات المسيطر عليها بوساطة جينات سائدة عن طرائق التربية المستخدمة للصفات المسيطر عليها بوساطة جينات متنحية .

كان اول تغيير جوهري وهام في اداء نباتات المحاصيل قد تحقق عام 1860 عند اكتشاف مندل قوانين التوارث ، مع تطور فهم اكثر لوراثة النبات . فقد بدأ العلماء بإحلال النباتات ذات المواصفات الوراثية الجيدة محل النباتات السائدة الضعيفة وبذلك اصبح تربية النبات كعلم اكثر منه كفن بعد ذلك تم استغلال ظاهرة قوة الهجين (الهجن) وتفوقها ، كانت هذه اول تحسين في نباتات محاصيل الحبوب.

التأثير الكبير للوراثة في انتاجية المحاصيل تحقق من خلال الثورة الخضراء (green revolution) سنة 1960 بظهور اصناف قصيرة الساق من الذرة الصفراء الرز والحنطة شبة القصيرة (semi dwarft) والتي كانت لها استجابة عالية للمدخلات الزراعية وخاصة الاسمدة النيتروجينية .

التأثير التالي الذي حدث في انتاجية المحاصيل بوساطة استعمال التقنية الجزيئية (اعادة توليف الـ DNA) في تربية النبات عام 1980 حيث تم نقل الجينات عبر النواقل الطبيعية البايولوجية باستعمال هذه التقنية تم انتاج اصناف ذات تطبع بيئي عال ومقاومة للأمراض والآفات الحشرية .

جين واحد او عدد قليل من الجينات تسيطر على بعض الصفات وبعض او عدة جينات تسيطر على صفات اخرى .

One or Few Genes Control Some Traits ; Several to Many Genes Control Others

مربوا النبات يحتاجون الى ان يفهموا فكرة حول عدد الجينات (قليل او كثير) التي تسيطر على الصفة . الصفات التي يسيطر عليها جين واحد او عدد قليل من الجينات قد تم تصنيفها على انها صفات نوعية (qualitative traits) او صفات ذات توارث بسيط (simple inherited traits) ، بينما الصفات التي يسيطر عليها بعض او عدة جينات تدعى صفات كمية (quantitative traits) او صفات متعددة الجينات (polygenic traits) .

في الجيل الثاني (F_2) يمكن تصنيف الصفات النوعية بمجاميع واضحة (مثل ابيض وارجواني الازهار ، اخضر او اصفر الفلق) بواسطة الحساب . الصفات الكمية (الصفات المقاسة metrical traits) يمكن ان تقاس او توزن (مثل صفة الحاصل وصفة ارتفاع النبات) . وهذه الصفات الكمية تتأثر بشكل كبير بالبيئة اكثر من الصفات النوعية .

بعض الجينات يمكن ان تتداخل مع تعبير جينات اخرى

Certain Genes May Interface with The Expression of Other Genes

هل يمكن للعلماء ان يتنبأ بالفوائد المتوقعة من التضريب بين اثنين من الاباء معروفة التركيب الوراثي ؟

عند الاستفادة من ظاهرة التفوق (epistasis) التي تسبب بجين واحد مثلا والذي يعمل على تغطية (او يعارض) فعل جين اخر ، عند حدوث هذه الظاهرة فان النسبة المندلية المتوقعة في الجيل الثاني (F_2) سوف لن تظهر (اي لا يوجد توارث مندلي) ، فعلى سبيل المثال بدلا من ان تظهر الانعزالات بالنسبة (9 : 3 : 3 : 1) فسوف تظهر بالنسب التالية (15 : 1) او (9 : 7) ، وهناك عامل اخر يسبب مثل هذا الانحراف في النسبة المندلية المتوقعة هو ظاهرة لارتباط الوراثي (genetic linkge) هذا الارتباط (التلازم) الفيزيائي للجين مع الجين المجاور على الكروموسوم الواحد يمنع الانعزال المستقل . وهذه الظاهرة مرغوبة في جينات معينة لتصبح مرتبطة وتنتقل سوية (بدون انعزال) . لكن في حالات اخرى قد يرتبط الجين المرغوب مع احد الجينات غير المرغوبة وهذا يسبب مشكلة لمربي النبات عندما يريد نقل توريث صفة مرغوبة وقد تحدث ظاهرة العبور الوراثي (crossing over) خلال الانقسام الاختزالي (meiosis) عند تكوين الخلايا الجنسية وهذه تعمل على كسر الارتباط الوراثي طبيعيا .

تداخل الجينات مع البيئة لإنتاج صفات مرئية

Genes Interact With The Environment to Produce a Visible Traits

البنية الوراثية (المجموع الكلي للجينات في الخلية (genome) (genetic makeup) . تؤلف التركيب الوراثي (Genotype) للفرد . للأغراض الاكاديمية تحدد الجينات بوساطة حروف (الحروف الكبيرة للاليل السائد والحروف الصغيرة للأليل المتنحي) مثل (gg , Gg , GG) . عندما تكتب زوج الاليلات (GG) ، فالموقع (Locus) للجين على الجانبين تكون متماثلة Homozygous وفي حالة اخرى (Gg) تكون غير متماثلة Heterozygous . الصفات الظاهرية تدعى المظهر الخارجي (phenotype) يكون الموقع المتماثل (GG) والموقع غير التماثل (Gg) له نفس المظهر الخارجي عندما تكون الصفة تحت فعل الجين السائد . البيئة والجينات المحورة يمكن ان تغير من مظهر التركيب الوراثي .

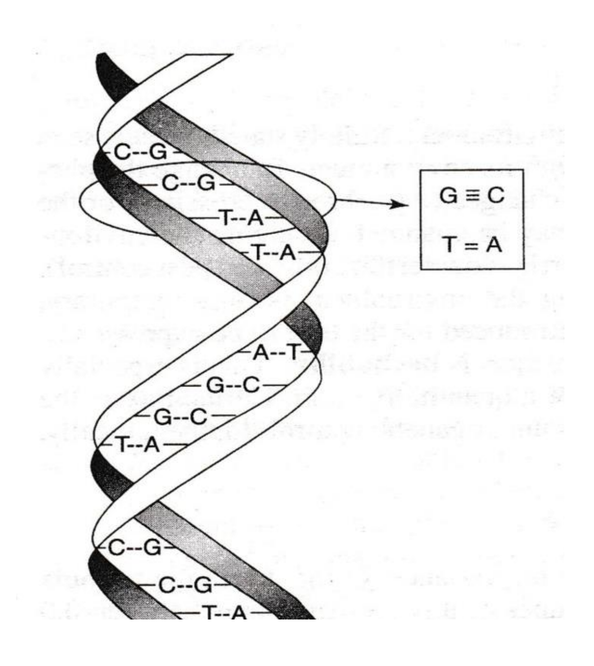
DNA هو المادة الوراثية DNA is The Genetic Material

مادة التوارث (deoxyribonucleic acid or DNA) تقع في الكروموسوم. هل ان الـ DNA هو مادة التوارث الوحيد لكل الكائنات الحية ؟ هناك كائنات حية قليلة مثل الفيروسات المعروفة لها RNA وليس DNA .

يتألف DNA من اربعة قواعد نيتروجينية (nitrogenous bases) هي : ادنين Adenine ، ثايمين Thymine ، سايتوسين Cytosine وكوانين Guanine والتي تدعى (G , C , T , A) وسكر خماسي منزوع الاوكسجين (sugar deoxyribose) ومجموعة فوسفات Phosphate .

عندما ترتبط هذه المكونات الثلاث (قاعدة نيتروجينية + سكر منزوع الاوكسجين + مجموعة فوسفات) تتكون نيوكلوتايد Nucleotide وهي وحدة بناء

DNA (شكل 2.17) . عدد من هذه النيوكليوتيدات ترتبط لتشكل سلسلة تدعى سلسلة متعددة النيوكليوتايد Polynucleotide Chain . يتألف DNA جزيئيا من اثنين من سلاسل النيوكليوتايد والتي ترتبط مع بعضها بأواصر هيدروجينية ، فعند ارتباط اواصر سلسلتين فان C ترتبط مع G و A مع T ، الشريطين تكون متكاملة . الرسالة تعبير لسلسلة النيوكليوتيدات المتعددة تشكل الشفرة الوراثية Genetic Code هذه الشفرة تكون ثلاثية (ثلاث نيوكليوتيدات) . كل شفرة واحدة تكون مسؤولة عن تكوين حامض اميني ، وهذه الاحماض الامينية ترتبط بأشكال مختلفة لعمل سلسلة طويلة (سلاسل متعددة الببتيد Polypeptide Chain) هذه السلاسل ترتبط بطرق مختلفة لتكوين البروتين . التعبيرات الوراثية طبيعيا تمر باتجاه واحد من DNA الى البروتين وليس العكس . وهذه تدعى المبدأ المركزي للبيولوجيا الجزيئية (central dogma of molecular biology) . مع تقدم العلم اصبح من الممكن اجراء عمليات مختلفة في المختبر لإنتاج الاحماض الامينية ، حيث تمكن العلماء من تخليق DNA (اكثاره) وهو يسمى الـ DNA التكميلي او cDNA (complementary DNA) .



شكل 2.17. تركيب جزيئة DNA . التركيب الحلزوني المزدوج لجزيئة DNA يتضمن عمود فقري من فوسفات – سكر – يتصل بقواعد نيتروجينية مزدوجة

الانقسام الخلوي Cell Division

يتضمن نوعين من الانقسام :-

1- الانقسام الاعتيادي Mitosis .

2- الانقسام الاختزالي Meiosis .

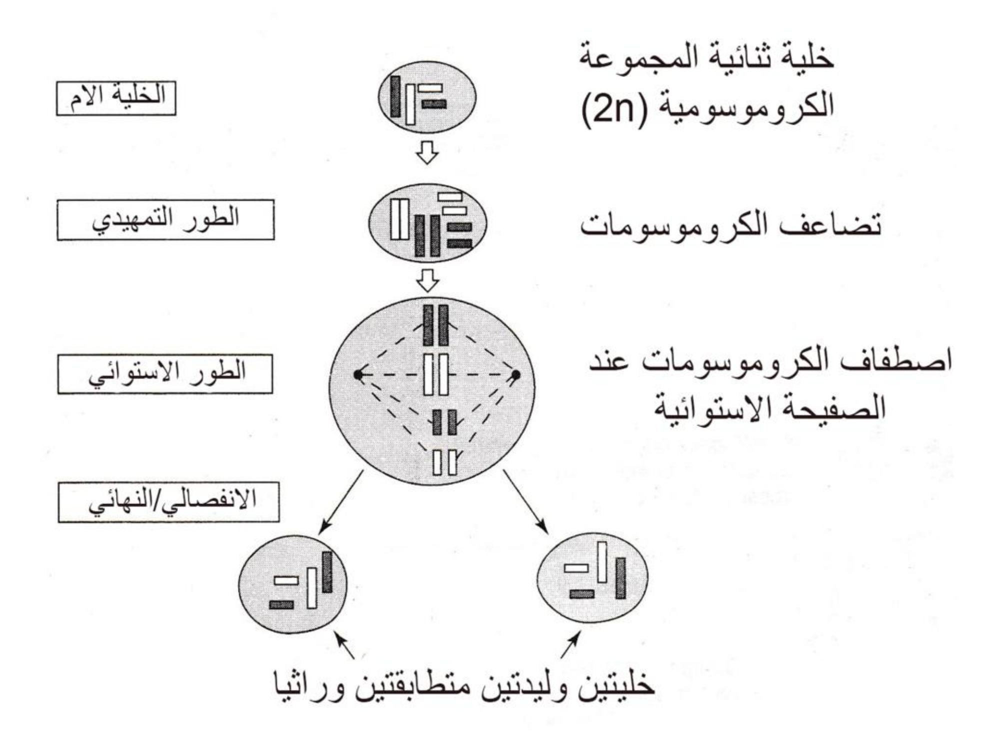
اولا :- الانقسام الاعتيادي : انتاج الخلايا للنمو والتطور

Mitosis : Producing Cells For Growth and Development

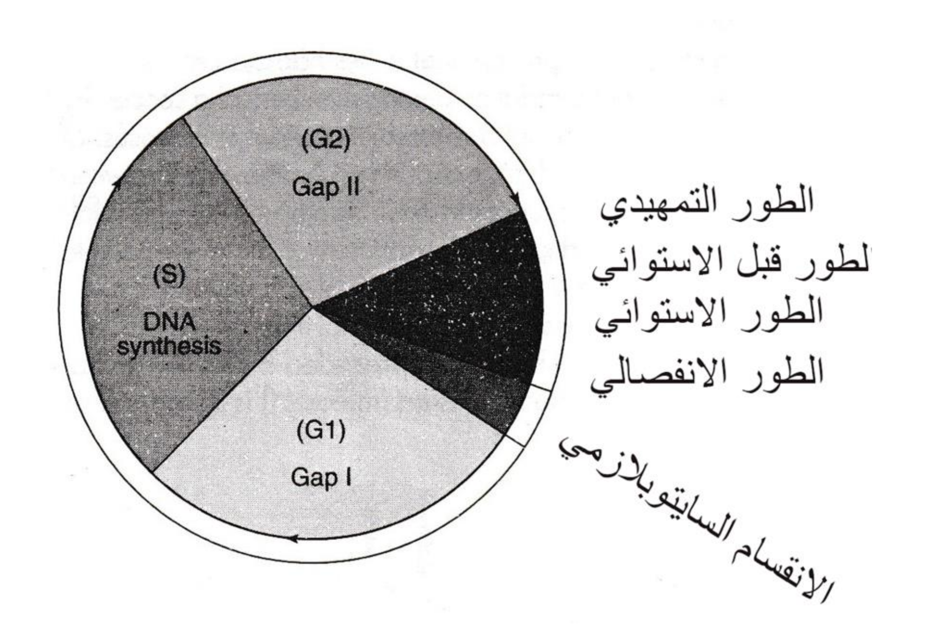
الانقسام الخلوي (الاعتيادي) ينتج نواتين شقيقتين تطابق انوية الاباء ، وهو اساس النمو والتطور . تبدأ الكائنات الحية متعددة الخلايا حياتها كزايكوت ناتج من اندماج بيضة مع حبة اللقاح . ووراثيا ، الزايكوت يكون متضاعف العدد الكروموسومي Diploid (ازواج من الكروموسومات) . يحدث الانقسام الخلوي في خلايا متماثلة التي تتخصص اخيرا الى تركيب معقد في النبات . الزيادة في حجم النبات اكثر شيء بفضل الزيادة في عدد الخلايا الناتجة من الانقسام الاعتيادي . عند تعرض النبات الى جروح ويتحطم النسيج ، يتم اصلاحه بواسطة انتاج خلايا جديدة (خلايا الانقسام الاعتيادي) .

الانقسام الخلوي عادة يقسم الى نوعين: نووي (nuclear or karyokinesis)، وسايتوبلازمي (cytokinesis) ، والاخير احيانا يفشل في الحدوث ، مجموعة اطوار النمو لأي خليه مفردة تدعى دورة الخلية (cell cycle). تدخل الخلايا في الطور البيني Interphase (s) عندما تكون نشطة وفعالة ، اذ يبدأ تركيب DNA بالاستعداد للتضاعف الكروموسومي . يتبعه طور (G_2) ويكون على خمسة مراحل هي :- الطور التمهيدي Prophase ، الطور قبل الاستوائي Prometaphase ، الطور الاستوائي Metaphase ، الطور الانفصالي Anaphase

والطور النهائي Telophase (شكل 3.17) . دورة الخلية هذه تحدث تحت السيطرة الجينية كما في الشكل (4.17)



شكل 3.17.يوضح ملخص لمراحل الانقسام الاعتيادي (Mitosis)



شكل 4.17. ملخص دورة الخلية

ثانيا :- الانقسام الاختزالي

الانقسام الاختزالي : انتاج خلايا جنسية وتوليد اختلاف احيائية

Meiosis : Productive Sex Cells and Generating Biological Variation

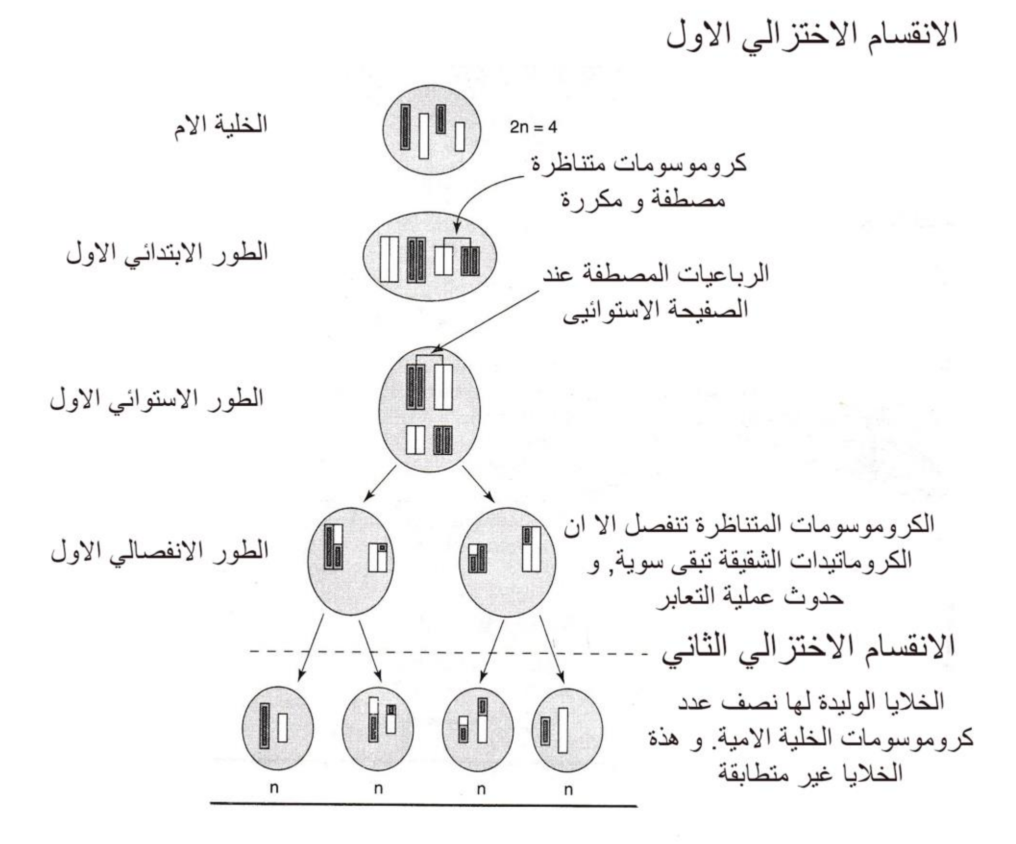
الانقسام الاختزالي لا يشبه الانقسام الاعتيادي ، وهو يحدث فقط في اجزاء التكاثر الجنسي . يحدث الانقسام الاختزالي باثنين من الانقسامات النووية الناجحة ، التي ينتج عنها اربعة انوية شقيقة تحوي كمية من المادة الوراثية تشبه الاباء . هذه الخلايا الناتجة لها نصف العدد الكروموسومي (haploid number) من انوية الاباء . تتكون في هذه العملية (البيضة وحبة اللقاح) او السبورات . يعاد انتاج العدد الكلي للكروموسومات الاباء بعد الاخصاب (بعد اندماج الخلايا النصفية العدد الكروموسومي – بيضة + حبة لقاح) . في الانقسام الاختزالي وحدوث عملية الاخصاب بين بيضة وحبة لقاح (ربما تكون من نفس الخلايا او من اباء مختلفة) .

تحدث عملية تعديل كروموسومات الاباء (الاختلاف الوراثي) ومن خلال عمليات العبور الوراثي Crossing Over (تبادل اجزاء من الكروموسومات بين المواقع الجينية غير الشقيقة) ، وبذلك يحصل التنوع الاحيائي الوراثي .

يحدث في الانقسام النووي الاول (الانقسام الاختزالي الاول Meiosis 1) الاختزال اي تنعزل الكروموسومات المتماثلة ، كل كروموسوم مثيل يكون في نواة منعزلة ، تصطف ازواج الكروموسومات المتماثلة بظاهرة تدعى (synapsis) تكون تركيب يدعى ثنائي (bivalent) الطور التمهيدي الاول في الانقسام الاختزالي له خمسة مراحل .

خلال تضاعف الكروماتيدات غير الاخوية تتبادل الاجزاء (العبور crossing over) في واحد او اكثر من المناطق ، هذه المناطق تدعى كايزماتا

(chiasmata) مخطط في الشكل (5.17) . يوضح عمليات الانقسام الاختزالي واطوارها .



شكل 5.17. يوضح ملخص لمراحل الانقسام الاختزالي للخلية (Meiosis)

يتلاعب مربو النبات بالنباتات وراثيا لإنتاج صفات جديدة

Plant Breeders Genetically Manipulate Plants to Produce New Traits

مربو النبات يتبعون المبادئ الوراثية في عملهم

Plant Breders are Guided by Genetic Principles in Their Work

مربوا النبات عليهم ان يحددوا فيما اذا كانت الصفة قابلة للتعديل الوراثي ام لا قبل البدء ببرنامج التحسين ويتبعون بذلك المعادلة الاتية :-

$$P = G + E$$

حيث ان :-

P :- التركيب المظهري (القيمة المظهرية)

G :- التركيب الوراثي (القيمة الوراثية)

E :- البيئة (التأثير البيئي)

الجينات التي تتحكم بصفة معينة يمكن تغييرها (مثلا خلال التضريب) ، او ربما تتغير بتأثير البيئة او بكلا العاملين الوراثي والبيئي . تغيير البيئة يعمل من خلال العمليات الزراعية (الري ، موعد الزراعة ، التسميد ومكافحة الادغال) . تغيير التركيب الوراثي يكون ثابت ، اما تغيير الظروف البيئية تكون وقتية . يعني ذلك اذا اردنا اعادة ظهور الصفة يجب اعادة الظروف البيئية التي سببت ظهور الصفة . هناك مفهوم اخر لمربي النبات هو التوريث (heritability) . هذه الظاهرة مهمة خصوصا عندما يحدث تحسين للصفة الكمية والتوريث ، هو درجة انتقال الصفة

(المظهر الخارجي) التي تقع تحت السيطرة الوراثية من الاباء الى الابناء ويعبر عنها رياضيا بالمعادلة الاتية :-

$$H = \frac{\mathbf{Vg}}{\mathbf{Vp}}$$

حيث ان :-

H :- درجة او نسبة التوريث

Vg :- التغاير الوراثي

Vp :- التغاير المظهري

هذه المعادلة تحسب التوريث في المعنى الواسع (broad sense) وقيمة تتراوح بمدى بين (0.0 – 1.0) او (0.0 - 100 %) . اذا كانت قيمة التوريث عالية ، فهذا يدل على امكانية تحسين الصفة من خلال عملية التربية واذا كانت منخفضة جدا فان تحسين الصفة يتطلب تحسين بيئة الزراعة (الظروف البيئية) لنمو وانتاج المحصول . ان تحقيق الانتاج العالي للصنف لا يعتمد على تركيبه الوراثي فقط، بل يستلزم توفير بيئة جيدة (ملائمة) للحصول على الطاقة الانتاجية القصوى للصنف.

تربية النبات التقليدية يتبعها خطوات اساسية

Conventional Plant Breeding Follows Certain Basic Steps

كيف يعمل مربو النبات ؟ الخطوات العامة في برامج تربية النبات مبينة ادناه :-

1- اهداف التربية Breeding Objectives :- برامج تربية النبات قد تكون لها اهداف خاصة ، او اهداف اخرى (مثلا زيادة الحاصل ، مقاومة الامراض ،

تحسين النوعية ، زيت عالي ، محتوى بروتيني ، واخرى تحدد من قبل المربي) ، طريقة التربية التي تستعمل تعتمد على الهدف (الصفة التي تعالج واتجاه هذه المعالجة) . هدف التربية ربما يحدد من قبل المنتج (على سبيل المثال ، المربي ربما يرغب بصنف لا يحصل فيه انفراط اذا تأخر الحصاد) او ربما يفضلون مقاومته لبعض الامراض او ملائمة المكننة الزراعية . المستهلكين ، ربما كذلك يحددون اهداف التربية ، فاذا كان المستهلك النهائي للمنتج المحصولي يفضل نوعية معينة (مثلا مذاق حلو ، حجم متماثل ، محتوى عالي من النشأ . هذه كلها تؤثر في اتجاه برنامج التربية .

مربوا النبات ربما هم يبتكرون اهداف من انفسهم وقد يجرون عمليات مسح على المنتجين والمستخدمين (المستهلكين) لمعرفة المشاكل التي يعانون منها، وبعد ذلك يقومون بتطوير برامج التربية من اجل حل هذه المشاكل .

2- توارث التغاير Heritable Variation :- هل كل التغاير يورث ؟ ام لا ، بعض التغاير ربما يتسبب بوساطة عوامل مختلفة في البيئة . بدون توارث التغاير لا يمكن تطبيق برامج التربية ، او تغيير التركيب الوراثي للنباتات ، فاذا كان المربي يرغب في زيادة محتوى البروتين في اي صنف في مكان ما يحب عليه الاحتفاظ بالتركيب الوراثي ذو البروتين العالي ، والا فان مثل هذه الصفة المطلوبة يجب ان تستحدث اذا كان ممكن بواسطة التطفير (استخدام الطفرات Mutation) . استحداث التغاير في برامج تربية النبات يمكن الحصول عليه من مصادر مختلفة مثل :-

أ- اصناف متكيفة Adapted Cultivars :- وهذه ربما تكون اصناف قديمة (يعاد انتاجها) ، او ضروب (اصناف محلية غير محسنة) او اي اصناف مستخدمة بشكل متكرر . الفائدة من استعمال تراكيب وراثية متطبعة هو ان الاصناف الجديدة المستنبطة منها تكون ذات تطبع جاهز للبيئة وتستعمل بشكل مباشر (عاجل) من قبل المزارعين .

ب- اعادة التوليف Recombinants :- التوليفات الجديدة او (اعادة التوليف) يمكن اكثارها واستغلال تغايراتها في برامج التربية ، ويحدث هذا عند اجراء التلقيح (التضريب) بين اباء مختلفة وراثيا .

ت- بذور المربي Breeder Seed :- عند استنباط مربي النبات تراكيب وراثية جديدة من برامج التربية فان جزء منها ربما لا يستعمل من قبل المزارعين ، او لا تكون مرغوبة النوعية . هذه المواد الوراثية يحتفظ بها وربما تدخل مستقبلا في برامج التربية .

ث- ادخال النبات Plant Introduction :- ادخال انواع جديدة من النباتات من مناطق اخرى من العالم تكون ذات اهمية لصفات معينة . يعمل مربي النبات على جمعها وادامتها والاستفادة من التغايرات الوراثية فيها كمصدر خاص للجينات (يدعى البنك الوراثي Germplasm Banks) .

ج- النباتات البرية Wild Plants :- النباتات المزروعة لها اصول برية . هذه الاصول البرية تعتبر مصادر مهمة للجينات التي يمكن ادخالها في برامج التربية .

ح- التطفير (الطفرات) Mutations :- الطفرات هي قمة المصادر للتغاير الوراثي ، لاسيما عندما تفشل كل الطرق الاخرى في الحصول على التغاير الوراثي ، عند ذلك يلجأ مربي النبات الى استحداث تغايرات وراثية ذات صفات مرغوبة ، بواسطة تعريض المواد النباتية الى المطفرات (الفيزيائية والكيمياوية) Mutagenes ، والمعروفة عالميا .

3- اعادة التوليف Recombination :- الطريقة التقليدية لإحداث التغاير هو من خلال التهجين او التضريب بين ابوين مختلفين وراثيا ، التأثير الذي يحدث من هذا التضريب هو اعادة تنظيم الجينوم (مجموعة الجينات) للأبوين في تركيب وراثي جديد (احداث توليفة جديدة) . سهولة التضريب تختلف من نوع نباتي الى اخر ، وان وقت التضريب يعتبر من الاوقات الصعبة والحرجة بالنسبة للمربي فيجب ان

تحدد احد الازهار في النبات الواحد كأم والاخر كأب ، الزهرة الام يجب ان تزال كافة الاجزاء الذكرية منها بعملية تدعى الاخصاء (emasculation) . بعد ذلك يقوم المربي بنقل حبوب اللقاح اليها اما بصورة يدوية مباشرة او تترك للتلقيح الخلطي (بالنسبة للنباتات التي تتلقح خلطيا بصورة طبيعية) بالاعتماد على الرياح او الحشرات ، يشترط ان تكون نباتات الاب مزروعة بالقرب منها وهذه تعتبر من الفترات الحرجة والتي يجب ان تنفذ بدقة عالية لضمان التلقيح بين الاباء (الاب والام) المراد اجراء التضريب بينها ، وتكون اكثر صعوبة بالنسبة للنباتات ذاتية التلقيح . يجب ان تعلم الازهار التي اجرى الاخصاء عليها والتي تصبح جاهزة للتلقيح . البذور الناتجة من التضريب يمكن اجراء التقويم عليها عند زراعة بذور (F_1) بالاعتماد على العلامات الوراثية (والتي هي صفة او علامة مظهرية تكون مرتبطة مع الصفة التي يسعى مربي النبات الى تحسينها) .

4- الانتخاب Selection :- بعد اجراء التضريب او استحداث التغايرات الوراثية تجري عملية الانتخاب لاختيار وتمييز النباتات ذات الصفات المرغوبة (التي يهدف مربي النبات الى تحسينها) وطريقة الانتخاب تطبق اعتمادا على طريقة التربية .

التربية التقليدية للنبات لها محددات معينة معروفة

Conventional Plant Breeding has Certain Limitations

التربية التقليدية محاطة بمواطن الضعف التالية :-

1- المدة الطويلة Long Duration :- برنامج التربية يستمر لعدد او سنوات عدة في بعض الحالات .

2- التحديد للتضريب بين الانواع Limited to Crossing Within Species :-

لغرض التهجين ، الاباء يجب ان تكون متوافقة وضمن نفس الانواع (احيانا) . اما التضريب بين الانواع المختلفة فإنها تكون صعبة واحيانا غير ممكنة الاجراء .

3- انخفاض كفاءة الانتخاب Lower Selection Efficiency :- اخفاق الطريقة المستعملة للانتخاب على التغايرات المستحدثة ربما سببها ان التضريب يكون غير دقيق وهذا هو السبب الذي يجعل مربي النبات يعتمد على مؤشرات (علامة) Markers لتحسين كفاءة الانتخاب .

4- مجتمع انعزالي كبير Large Segregation Population :- اضافة الى انه يجب ان تتوفر فرصة كبيرة لتشخيص التغايرات والتوليفات الجديدة المهمة ، فان وجود عدد كبير من النباتات في مجتمع الانعزال (مثلا في الجيل الثاني F_2) فان هذا يحتاج الى مساحات واسعة لغرض زراعة النباتات وبذلك تزداد كلفة برامج التربية .

طرائق التربية تعتمد على نظام التربية للنباتات

Methods of Breeding Depend on The Breeding System of The Plants

1- بعض النباتات غالبا ذاتية التلقيح بينما اخرى غالبا خلطية التلقيح

Some Plants are Predominantly Self – Pollenated While Others are Predominantly Cross – Pollenated

أ- ذاتية التلقيح Self – Pollination :- في ذاتية التلقيح ، يكون نظام التزاوج بانتقال حبوب اللقاح من المتك الى ميسم نفس الزهرة او زهرة اخرى على نفس النبات . الاجيال الناتجة من هذا التزاوج Mating يدعى التربية الداخلية الطبيعية ، وتكون النباتات الناتجة منها ذات شكل خارجي متماثل . النباتات المغلقة التلقيح (Clesistogamy) : يحدث التلقيح في الزهرة قبل تفتح البرعم الزهري تكون بالقوة الميكانيكية ذاتية التلقيح . امثلة على نباتات المحاصيل التي يحدث فيها التلقيح الذاتي طبيعيا موضحة في الجدول (1.17) وهذه المحاصيل يحدث فيها تلقيح خلطي غالبا اقل من 5% .

جدول 1.17 : بعض الانواع المختارة السائد فيها التلقيح الذاتي

ت	النوع / المحصول	الاسم العلمي
1	Barley الشعير	*Hordum vulgare*
2	Clover البرسيم	*Trifolium* spp.
3	Common bean الفاصوليا الشائعة	*Phaseolus vulgaris*
4	Cotton القطن	*Gossypum* spp.
5	Cowpea اللوبيا	*Vigna unguiculata*
6	Flax الكتان	*Linum usitatissimum*
7	Oat الشوفان	*Avena sativa*
8	Pea البزاليا	*Pisum satium*
9	Peanut فستق الحقل	*Arachis hypogea*
10	Rice الرز	*Oryza sativa*
11	Sorghum الذرة البيضاء	*Sorghum bicolor*
12	Soybean فول الصويا	*Glycine max*
13	Tobacco التبغ	*Nicotiana tabacum*
14	Tomato الطماطة	*Lycopersicon esculentum*
15	Wheat الحنطة	*Triticum aestivum*

ب-التلقيح الخلطي Cross – Pollination :- التلقيح الخلطي يحدث عندما تستقبل مياسم الازهار اكثر من 40% حبوب لقاح من مصادر اخرى من غير الازهار الموجودة على نفس النبات . مثل هذه الانواع تكون اصنافها متباعدة وراثيا اكثر وبمرور الوقت تفقد الحيوية (Vigor) يعني انخفاض التربية الداخلية (Inbreeding Depression) تحدث هذه الحالة عندما تكون الازهار الذكرية منفصلة عن الازهار الانثوية سواء على نفس النبات او على نباتات منفصلة . اضافة الى انها تحدث اذا كانت هناك ما يسمى عدم التوافق الذاتي (Self – Incompatibility) . امثلة على المحاصيل التي تتلقح خلطيا موضحة في الجدول (2.17) .

جدول 2.17 : بعض الانواع المختارة السائد فيها التلقيح الخلطي

ت	النوع / المحصول	الاسم العلمي
1	Alfalfa الجت	*Medicago sativa*
2	Coconut جوز الهند	*Cocos nicifera*
3	Cucumber الخيار	*Cucumis sativa*
4	Corn الذرة الصفراء	*Zea mays*
5	Onion البصل	*Allium cepa*
6	Patato البطاطا	*Solanum tuberosum*
7	Sugar beet البنجر السكري	*Beta vulgaris*
8	Sunflower زهرة الشمس	*Helianthus annus*
9	Sweet potato البطاطا الحلوة	*Ipomea batatas*

2- طرق تربية النبات الشائعة Common Plant Breeding Methods

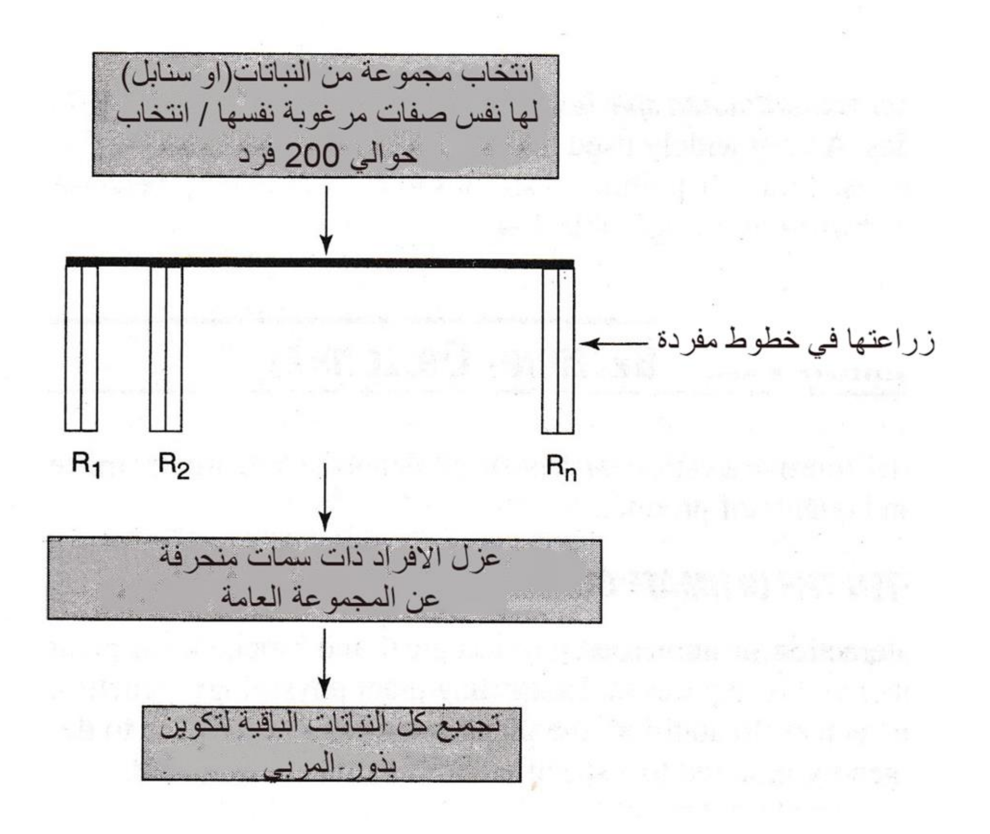
أ- طرق التربية للأنواع ذاتية التلقيح

Breeding Methods For Self – Pollinated Species

1- الانتخاب الكمي Mass Selection (انظر الشكل 6.17)

- الانتخاب الكمي هو اقدم طرق التربية .
- طريقة سريعة وبسيطة ويمكن اجراؤها من قبل المزارعين انفسهم
- تحسن المجتمع اكثر من استحداث صنف من نبات واحد .
- تعتمد على قاعدة الانتخاب المظهري (الشكل الخارجي) للصفات المرغوبة . لذلك يكون هنا التوارث مهم والنجاح يكون محدود اذا كان التوارث منخفض .
- طريقة مناسبة عند التربية للمقاومة الافقية للأمراض .
- المحصول يكون غير متجانس .

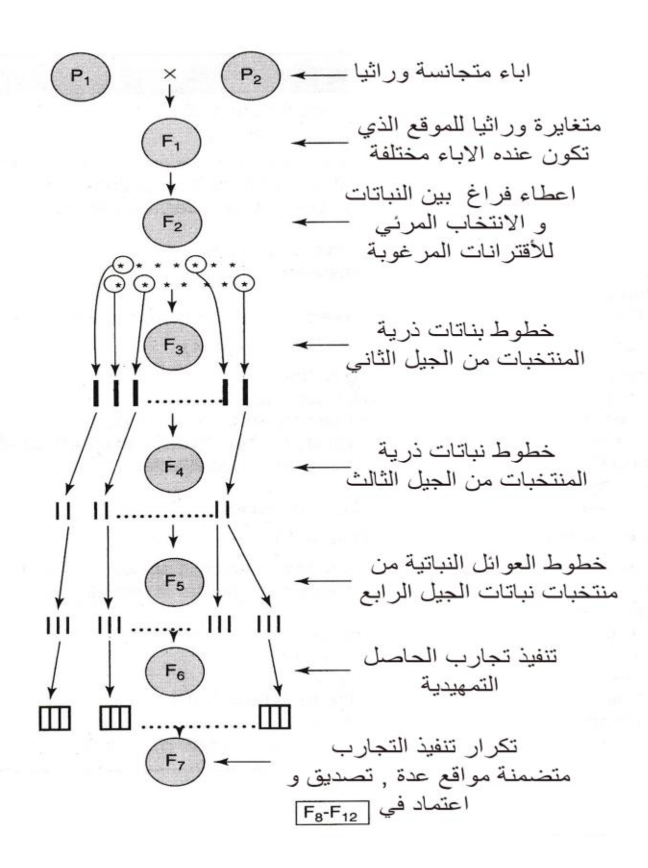
- بما ان الانتخاب يعتمد على قاعدة المظهر الخارجي فيجب ان يكون المربي متأكد من ان بيئة الانتخاب متجانسة .



شكل 6.17. ملخص لطريقة التربية بالانتخاب الكمي .

2- انتخاب النسب Pedigree Selection (انظر الشكل 7.17)

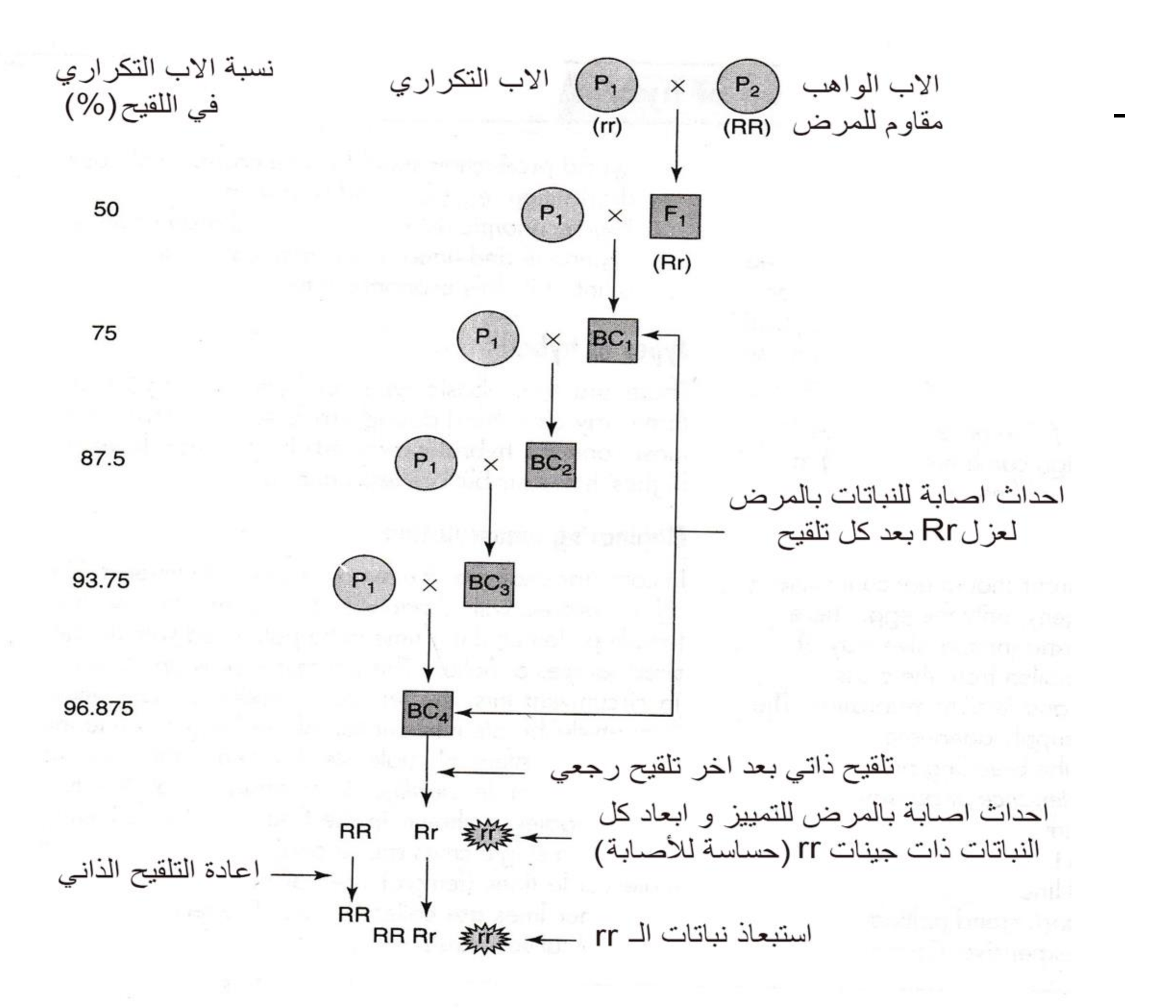
- هي امتداد لطريقة تربية الخط النقي Pure – Line Breeding .
- تبدأ بالتضريب بين الاباء لتراكيب وراثية متباعدة وراثيا .
- الاحتفاظ بسجل كمفتاح للنشاط وادامة دقيقة لسجل النسل .
- النجاح يعتمد على مهارة ونشاط العاملين في تشخيص النباتات المرغوبة فرديا
- هذه الطريقة تكون طويلة اذا كان المحصول يزرع لموسم واحد في السنة
- المنتج يمتاز بنقاوة وراثية عالية .
- ملائمة للتربية لأغراض المقاومة العمودية للأمراض



شكل7.17. ملخص لطريقة التربية بانتخاب النسب

3- التربية بالتضريب الرجعي Back Cross Breeding (انظر الشكل 8.17).

- طريقة معتدلة للتربية ، اذ لا يسمح بإعادة الاقتران وانتاج ارتباطات جديدة لينتج عنها صفات جديدة .
- تستخدم لتحسين صفه صنف مرغوب بشكل كبير يفتقد لواحد او قليل من الجينات (مثلا يفتقد لصفة المقاومة للأمراض الشائعة) .
- طريقة مؤثرة في نقل جينات الصفات الكمية .
- سهلة في نقل اليل سائد احادي .
- الفوائد منها تبدا منذ بداية البرنامج .
- الصنف الجديد يشبه السلف مضافا اليه الصفة المنقولة .
- ملائمة لإدخال جينات من خلال تضريبات واسعة .
- ربما تتحد (تشترك) هذه الطريقة مع طرق التربية الاخرى للأغراض الخاصة .



شكل 8.17. ملخص لطريقة التربية بالتهجين الرجعي

ب- طرق التربية للأنواع خلطية التلقيح

Breeding Methods For Cross – Pollinated Species

طريقة الانتخاب الكمي Mass Selection ملائمة للأنواع خلطية التلقيح اضافة الى طرائق عدة جدا تستعمل لتحسين الانواع خلطية التلقيح ومنها طرائق التربية لذاتية التلقيح ، بالإضافة الى طريقة تربية الهجن .

- **تربية الهجن (الذرة الصفراء مثلا) Hybrid Breeding (Breeding Hybrid Corn)**

- الهجين هو نسل تضريب بين ابوين مختلفين وراثيا .

- تعتمد على وجود قوة التهجن (قوة الهجين Hybrid Vigor) للنجاح .
- انتاج الهجن التجارية يتطلب استخدام خطوط التربية الداخلية (Inbrid Lines) وذلك بسبب اعادة انتاج الهجن باستمرار سنة بعد سنة .
- توجد انواع للتضريب : هجين التضريب الفردي Single Cross Hybrid (ABC) ، وهجين التضريب الثلاثي 3 – Way Cross Hybrid وهجين التضريب الزوجي Double Cross Hybrid (ABCD) . مراحل انتاج الهجين هي :-

1- انتاج خطوط نقية .
2- معرفة اتحادية الخطوط (القابلية الاتحادية للإنتاجية) .
3- انتاج البذور التجارية بواسطة التضريب وزيادة كمية البذور من الخطوط ذات القابلية الاتحادية .

- يصمم التضريب بحيث يكون احد الخطوط ابا (Male) والاخر يكون اما (Female) بإجراء عملية الاخصاء Emasculation (ازالة الاجزاء الذكرية من نباتات الام من أزهارها قبل ان تلقح ذاتيا) .
- الاخصاء عمل ممل (مزعج) وبذلك كلما كان الاخصاء سهل كلما كان انتاج الهجن سهلا ايضا .
- لتجنب الاخصاء (ازالة النورات الذكرية Detasseling) ، يمكن اتباع طريقة العقم الذكري الوراثي السايتوبلازمي في بعض المحاصيل مثل الذرة الصفراء .

انتاج الهجن Production of Hybrids

ينتج الهجين من التضريب بين ابوين مختلفين في صفة او اكثر من الصفات المتوارثة (الابوين المتغايرين وراثيا) . تربية الهجن غالبا تستعمل لتربية الانواع خلطية التلقيح (حتى تلك التي يمكن ان تكون قابلة للتلقيح الذاتي ، ولكنها ليست ذاتية

تماما) . انتاج الهجن تستغل ظاهرة الغزارة الهجينية (Heterosis) او قوة الهجين (Hybrid Vigor) .

الخطوات الضرورية التي يجب تتبعها لزيادة فرص نجاح برنامج التهجين

1- التهجين (قوة الهجين) (Heterosis (Hybrid Vigor :- الاباء يجب ان تكون متوافقة بشكل كاف (قابلية توافقية عالية) لإظهار درجة عالية من التهجن بين الابناء .

2- ازالة حبوب اللقاح الخصبة من نباتات الام . الام يجب ان لا تساهم بأية حبة لقاح الى النسل تساهم فقط في البيضة ويجب ان تكون عملية وغير مكلفة في اسلوب ابعاد حبة لقاح الام من التضريب .

3- تلقيح كاف ، مصدر حبوب اللقاح (الاب) يجب ان يجهز حبوب لقاح كافية لتلقيح كافة النباتات في برنامج التربية .

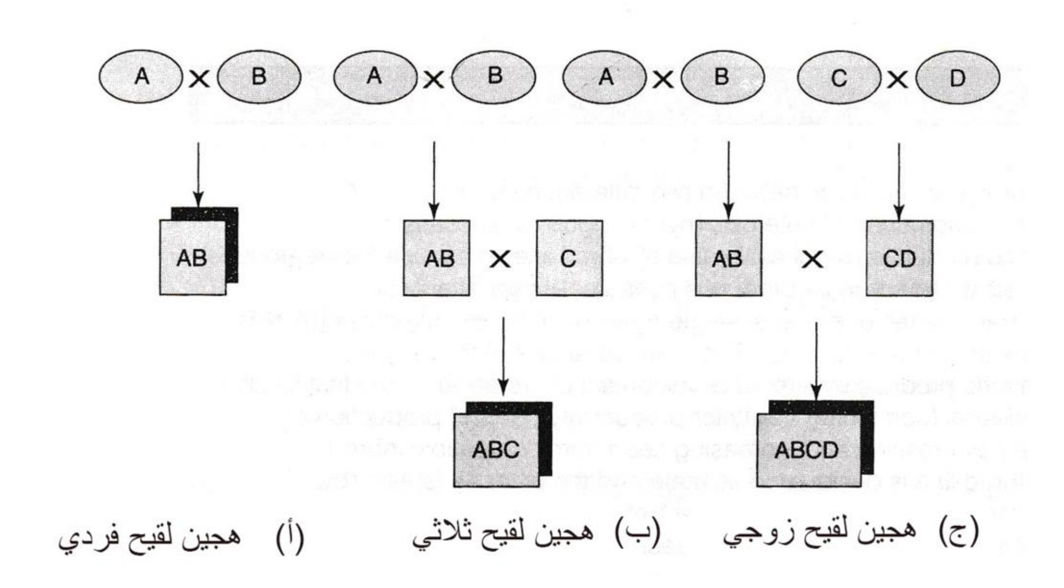
4- حيوية وادامة الاباء :- الاباء المستعملة في برنامج التربية هي خطوط نقية (تلقيح ذاتي) وبذلك يجب ان يكون هناك نظام في برنامج التربية لإدامة خطوط الاباء في ظروف جيدة .

5- كفاءة نقل حبوب اللقاح : التلقيح اليدوي مجهد وبطئ ومكلف . انتاج الهجن التجارية يحتاج الى اجراء التلقيح بشكل اقتصادي ، مثلا بواسطة الرياح او الحشرات .

6- المردود الاقتصادي العالي :- انتاج بذور الهجن مكلفة ، ولذلك فهي ليست اقتصادية الاستعمال في النباتات ذات المردود الاقتصادي المنخفض .

انواع الهجن Type of Hybrids

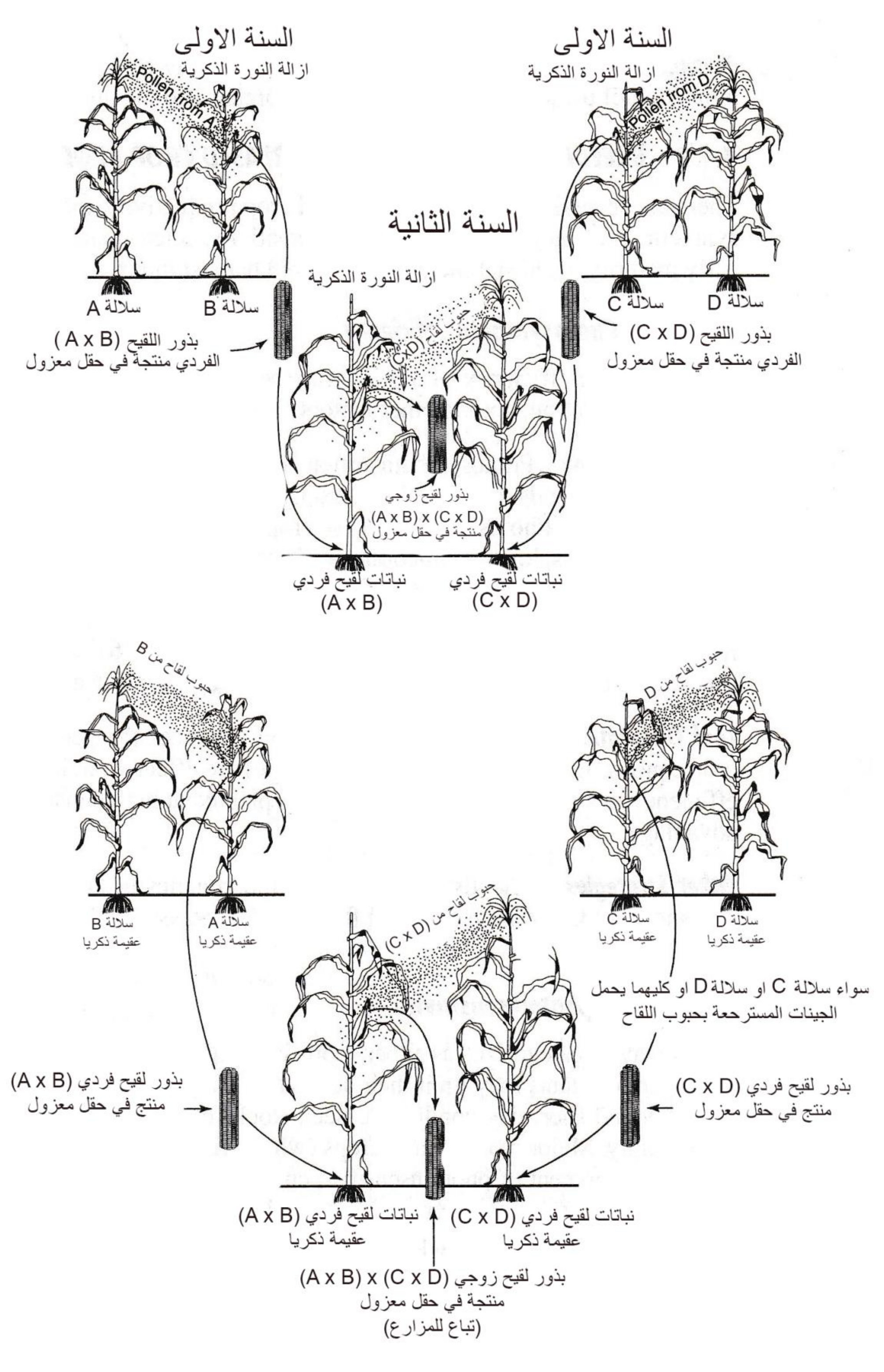
هناك ثلاث انواع رئيسة من الهجن هي الهجن الفردية Single Cross ، الثلاثية 3 – Three Way Cross والهجن الزوجية Double Cross كما في الشكل (9.17) . الهجن الفردية هي الاكثر شيوعا كون انتاجها عال .



شكل 9.17 يبين انواع الهجن : الفردي ، الثلاثي ، الزوجي

الاخصاء Detasseling

في الذرة الصفراء على سبيل المثال يتم ازالة النورة الذكرية من نباتات الام وتغطى الحريرة Silk بأكياس ورقية لاستبعاد اي حبوب لقاح سواء من الام نفسها او من نباتات اخرى الى حين وقت التلقيح بحبوب اللقاح من المصدر المرغوب هذه العملية تكون بطيئة ومجهدة ، لأجل تسهيل هذه العملية هناك طريقة تجعل فيها الام عقيمة ذكريا بإدخال جين العقم في نباتات الام حيث ان نظام العقم الذكري شائع الاستخدام في العقم الذكري السايتوبلازمي .

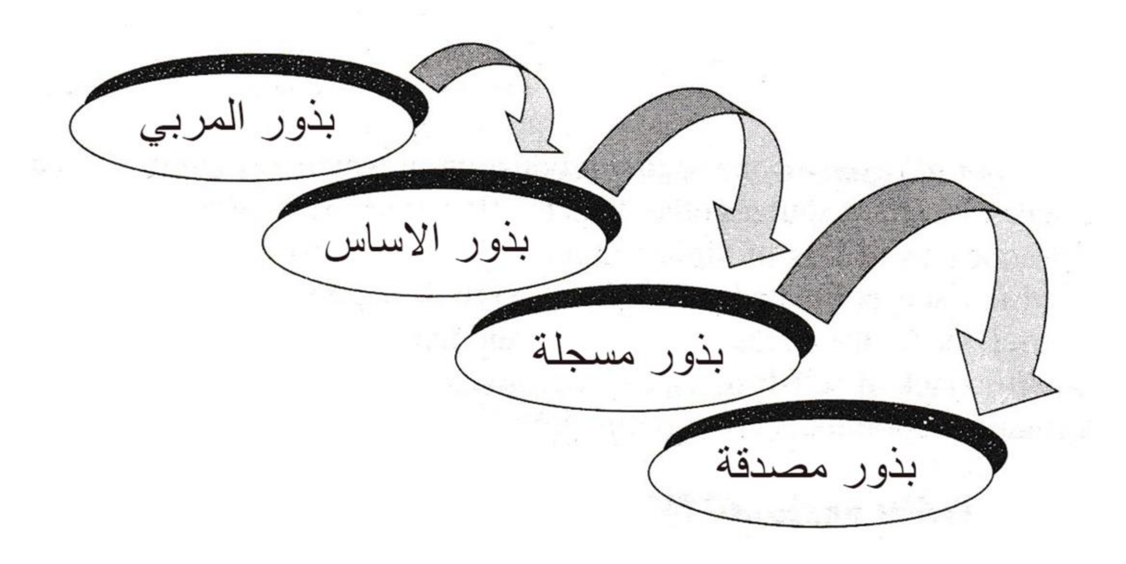


خصوبة حبوب اللقاح تعتمد على وجود الجينات
المسترجعة الموجودة في السلالتين C و D

تربية خطوط العقم الذكري (الامهات) تدعى خطوط A (A – Lines) ، بينما خطوط المحافظة (Sister lines) او خطوط السلالات الشقيقة تدعى خطوط B (B – Lines) وخطوط اعادة الخصوبة تدعى خطوط R (R – Lines) وكما في الشكل (10.17) .

عمليات تصديق البذور Seed Certification Process

هناك اربعة رتب للبذور التجارية في تصديق البذور فهي تختلف ابتداء في كمية البذور والاشخاص المسؤولين عن ادامة النقاوة الوراثية وعوامل النوعية الاخرى وكما في الشكل (11.17)



شكل 11.17. انتاج البذور من قبل مربي النبات وحسب رتب البذور اذ ان المزارع يقوم بالحصول على البذور المصدقة لزراعة المحصول

1- بذور المربي Breeder Seeds :- هذه البذور تكون تحت رعاية مربي النبات او المعهد الاصلي . عادة تكون كمية البذور قليلة للصنف المستنبط حديثا . المربي هو المسؤول عن ادامة هذه المادة الوراثية . اعتمادا على المحصول المربي ربما

يزيد كمية البذور على مدى سنوات عدة قبل ان يحصل على الكمية الكافية للانتقال الى المرحلة اللاحقة في عمليات التصديق (بذور الاساس Foundation Seeds) .

2- **بذور الاساس Foundation Seed :-** عندما يستلم المربي البذور فهي تخضع الى عمليات الزيادة من خلال التنفيذ في اي محطة من محطات التجارب الزراعية لإنتاج رتبة بذور الاساس ، كما يكون المربي على اتصال مع المعهد الاكاديمي او شركات انتاج البذور التجارية ، تجري عمليات الاكثار مع التأكد ومراقبة النقاوة الوراثية والتشخيص (التمييز) بدقة .

3- **البذور المسجلة Registered Seeds :-** بذور الاساس يمكن ان تعطي الى مزارعين يدعون (مزارعي بذور التصديق) عن طريق التعاقد معهم لإنتاج بذور الاساس او تنخفض الرتبة لديهم لتنتج البذور المسجلة . عادة يقومون بزراعة 100 – 1000 هكتار من بذور الاساس لإنتاج البذور المسجلة .

1- **تحسين كفاءة التركيب الضوئي Improving Photosynthesis Efficiency :-** يمكن تحسين كفاءة التركيب الضوئي بواسطة تحسين اعتراض الضوء من حيث اتجاه الورقة ومساحتها وسط العوامل الاخرى وهي كما يلي :-

- **اعتراض الضوء Light Interception :-** وهو يعني زيادة كفاءة الغطاء الخضري في اعتراض الضوء ويكون مستوى التركيب الضوئي اعلى في التراكيب الوراثية التي تكون اوراقها قائمة اكثر (ادنى كفاءة انطفاء) ويكون لها اعلى مساحة ورقية حرجة ويجب ان تكون المدة للوصول الى اعلى مساحة ورقية مثالية بأسرع ما يمكن فضلا عن ان الاوراق يجب ان تبقى نشطة ضوئيا لمدة طويلة .
- **اتجاه الورقة (زاوية الورقة) Leaf Orientation (angle) :-** النبات مفتوح الغطاء الخضري يحتاج الى ان يكون اختراق الضوء له سهلا ، اوراقه قائمة (زاوية ورقة صغيرة) ونشطة في زيادة كفاءة التركيب الضوئي ، مثل

هذه النباتات يمكن زراعتها بكثافة عالية للاستفادة من حاصل النباتات الاضافية (زيادة الحاصل) .

- **استراتيجيات اخرى Other Strategies :-** درس العلماء وراثة زيادة عدد الثغور ووجدوا ان اعلى عدد من الثغور مترابط مع تركيب ضوئي عال .

2- التربية لعدم الحساسية الضوئية Breeding For Photoinsensitivity :-

يمكن تقسيم النباتات الى نباتات النهار القصير Short – day ، والنهار الطويل Long – day ومتعادلة النهار Neutral Day طول النهار مطلوب للنباتات التي تكون محدودة التطبع ، محاصيل الحبوب العالمية الرئيسة (الحنطة ، الرز والذرة الصفراء) لها تطبع واسع بسبب تطوير اصناف غير حساسة للضوء . الحساسية الضوئية تكون تحت السيطرة الوراثية في محصول فول الصويا يكون عدم الحساسية الضوئية هي السائدة على الحساسية للضوء .

باستعمال كلا طريقتي التربية التقليدية وتربية الطفرات قد انتجت تراكيب وراثية متعادلة النهار في محاصيل (اللوبيا ، الفاصوليا ، البطاطا ، القطن والبزاليا)

3- التربية لتحديد سلوك الساق Breeding For Determinate Stem Habit

المحدودية صفة يمكن ان تحدث طبيعيا او يمكن استحداثها . التراكيب الوراثية المحدودة (قصيرة الساق) ولها سلاميات قصيرة وسميكة ، تمتاز بقلة تعرضها للرقاد ودورة حياتها تكون قصيرة ومبكرة في تكوين القرنات او السنابل ولها دليل حصاد عالي وملائمة للمكننة .

4- التربية للقوام القزم Breeding Dwarf Stature :- جين التقزم لعب دور جوهري في نجاح الثورة الخضراء . جين التقزم Norin –10 (Rht_2 , Rht_1) استخدم لتحسين الحنطة المكسيكية بواسطة Norman Borlaug (1954) الذي احدث الثورة في الزراعة الاستوائية ، هذه النموات الخضرية ، انتجت دليل حصاد

عالي وزادت حاصل الحبوب . النظام الوراثي لـ Norin – 10 تضمنت اثنين من الجينات المستقلة المتنحية جزئيا والجينات المتنحية المزدوجة سيطرت على عدم التقزم في البزاليا . جينوم التقزم تم تطويره في الرز باستخدام طريقة غير تقليدية مثل الزراعة النسيجية وتربية الطفرات .

الاصناف المتقزمة تمتاز بانها تكون اكثر استجابة للتسميد وبدون للرقاد Lodging ولها حاصل حبوب عالي . النظام الجذري للأصناف القزمة في الحنطة عموما كانت اعمق اختراقا للتربة من الاصناف الغير قزمة . وقد حقق هذا فائدة عندما يكون الماء والمغذيات محدودة في العملية الانتاجية والاصناف القزمة لها قابلية على الاستيعاب البيولوجي (تطور السنبلة) مما سبب انتاج حاصل حبوب عالي .

5- التربية للنضج المبكر Breeding For Early Maturity :- عدم الحساسية للضوء ملائم للتطبع الواسع ، مقرونا مع النضج المبكر . منتجي المحاصيل قادرين على انتاج محاصيل متعددة في نفس موسم النمو . وهذا مكن المحاصيل من ان تكون منتجة في المناطق التي يكون فيها موسم النمو قصير (مثل المناطق الجافة) حاصل المحاصيل ذات النضج المبكر اقل من تلك المتأخرة النضج ولكن نباتاتها اصغر حجما مكن المنتجين من تعويض الحاصل المنخفض بواسطة الكثافة النباتية العالية . ان نباتات المحاصيل المبكرة النضج لها نمو خضري واطوار تكاثرية اقصر ، وهذا هو الذي ادى الى انخفاض المادة الجافة المتراكمة .

جينات عديدة تسيطر على التبكير ، هذه الجينات ربما تكون سائدة او اضافية او ذات تأثير تفوقي . في الحنطة وجد ان التبكير ذو سيادة جزئية على التأخير. التزهير المبكر في الرز سائد على التأخير . مدة الازهار في القطن مسيطر عليها بواسطة فعل الجين الاضافي . طريقة استحداث الطفرات Induced mutagenesis او تربية الطفرات (Mutation Breeding) قد

استخدمت لتطوير طفرات مبكرة النضج في الشعير والذرة الصفراء والرز والقطن وانواع اخرى .

6- تحسين دليل الحصاد Improving Harvest Index :- كل الحاصل هو بيولوجي ، ولكن ليس كل الحاصل اقتصادي ، دليل الحصاد Harvest Index (HI) هو النسبة بين الحاصل الاقتصادي الى مجموع الحاصل البيولوجي للنبات ودليل الحصاد عالي الارتباط مع حاصل الحبوب . الاصناف ذات دليل الحصاد العالي ، وجدت انها اكثر كفاءة في تحويل المواد الغذائية المصنعة في انتاج الحبوب . ان دليل الحصاد العالي يعتبر مؤشر جيد لاستقرار الحاصل . وهو ذو تغاير اقل تحت البيئات المتغيرة من حاصل الحبوب او الحاصل البيولوجي . قيم دليل الحصاد العالي لمحاصيل الحبوب تتراوح بين 0.5 – 0.6 . دليل الحصاد العالي سائد جزئيا على دليل الحصاد المنخفض . لمربي النبات عدة استراتيجيات لزيادة دليل الحصاد مثل تقليل النمو الخضري بواسطة تقليل ارتفاع النبات (التقزم Dwarfing) يؤدي الى زيادة دليل الحصاد .

7- استقراريه الحاصل Yield Stability :- استقراريه الحاصل هي مفتاح اهداف تربية النبات وتعد صعبة الوصول اليها اذ يجب المحافظة على مستوى معين من الحاصل عبر بيئات متغايرة ، وهي مهمة في مناطق الانتاج التي تكون فيها البيئة متغايرة وهي تحتاج الى اقل ما يمكن من التداخل بين الوراثة والبيئة ، مع تحمل للشد البيئي .ان اصناف المحاصيل غير متجانسة وراثيا (خليطة التراكيب الوراثية) تكون مؤمنة ضد تغير البيئات وقد وجد ان صفة الحاصل للتضريبات المتعددة والتراكيب الناتجة منها تكون اكثر استقرارا من التراكيب الوراثية الناتجة من التضريبات الفردية .

8- التربية للحاصل Breeding For Yield :- ان صفة الحاصل معقدة وراثيا كونها صفة كمية يسيطر عليها عدد كبير من الجينات وهي منخفضة التوريث . الحاصل النهائي هو ناتج من التداخل عبر عمليات فسيولوجية وكيموحيوية متعددة

عديده وعمليات بايوكيميائية بعض المربين يهتمون بتحسين الحاصل بوساطة استهداف مكونات الحاصل المعروفة او العمليات الفسيولوجية . هذه المكونات هي وزن البذرة ، عدد البذور في القرنة او السنبلة وعدد القرنات او السنابل في وحدة المساحة . هذه الصفات تكون اكثر توريث من صفة الحاصل النهائي . هناك تحاليل وراثية عديدة جاهزة تساعدنا في التنبؤ بالآباء المفضلة في التضريب والتي تكون اكثر ملائمة لإنتاج تراكيب وراثية ذات حاصل عالي .

9- التربية لتحسين نوعية المنتج Breeding For Improved Product Quality :- هناك عوامل نوعية عديدة ومهمة في انتاج المحاصيل ، بعضها كيماوي والاخرى فيزيائي . احد مكونات التغذية المهمة في محاصيل الغذاء هو البروتين . تصنف البروتينات اعتمادا على قابليتها في الذوبان في مختلف المذيبات وكما يلي

- الالبومينات Albumins :- البروتينات التي تذوب في ماء حر – ملحي .
- الكلوبين Globulins :- بروتينات لا تذوب في ماء حر – ملحي ولكنها تذوب في محلول ملحي محايد منخفض .
- برولامين Prolamins :- البروتين الذي يذوب في 60 – 80% كحول اثيلي قلوي مخفف وليس من المذيبات المذكورة في (أ و ب) اعلاه .
- الكلوتين Glutelins :- البروتينات التي تذوب في محلول قلوي مخفف او حامض .

يعمل مربو النبات على نوعية المنتج الاقتصادي والهدف في هذا المجال يعتمد على الاستخدام النهائي للمنتج ، فتحسين النوعية ربما يستهدف التذوق او النكهة او شكل الثمار وغيرها . للمنتج الصناعي مثل القطن او النوعية قد تعني طول الشعرة (التيلة) او القوة او المتانة او اللون او النعومة وبعض العوامل الاخرى .

10- التربية لمقاومة الامراض Breeding Disease Resistance :- تعتبر الامراض من المسببات الرئيسة لانخفاض الحاصل كما ونوعا فاذا ما حصلت مهاجمة المسببات المرضية فان النباتات ربما تقاوم او تتحمل تأثير المسبب المرضي فاذا كانت حساسة فأنها محتمل ان تموت . هناك قاعدة وراثية للعلاقة بين العائل والمسبب ، فالقاعدة الوراثية لمقاومة المرض تتضمن مفهوم جين مقابل جين كل جين له تأثير خاص لمنح مقاومة ما للنبات (العائل) . المسببات الفطرية لها مدى واسع من الانواع المختلفة (تدعى سلالات فسيولوجية) ، الاختلاف في قابلياتها تتغلب على المقاومة في العائل .

اكبر مشكلة تواجه مربي النبات في موضوع مقاومة الامراض ، هي انتاج السلالات الجديدة (المرضية) وبسرعة تحولها ، مما تسبب التغطية على المقاومة في النبات وتعاود احداث الاصابة المرضية . وبذلك يكون على مربي النبات مهمة انتاج اصناف جديدة وباستمرار لكي تواجه تغيير السلالات المرضية بإحداث المقاومة من جديد . بعض الاحيان يلجأ مربوا النبات الى دمج جينات متعددة للمقاومة الى المسبب المرضي في صنف واحد لكي تساعد في تأخير كسر المقاومة .

11- التربية لمقاومة الآفات الحشرية Breeding For Resistance to Insect Pests :- القاعدة الوراثية لمقاومة الحشرات تشبه تلك التي وضحت في مقاومة الفطريات. استخدم مربو النبات واحدة من ثلاث استراتيجيات في التربية ضد مهاجمة الحشرات . واحدة من هذه الاستراتيجيات تتضمن تحسين الميكانيكية او المقاومة الفيزيائية ضد وصول الحشرات الى النسيج النباتي من خلال التقوية او احداث عائق يحول دون تغذية الحشرة . استراتيجية اخرى تعمل على استحداث جين في النبات يعمل على تحوير العمليات الحيوية في النبات لإنتاج سموم (مضادات حيوية Antibiosis) تؤدي الى قتل او منع الحشرات من التغذية على

النبات . الخيار الثالث هو تحوير المظهر الخارجي او استساغه النبات والتي تعمل على تجنيب الحشرة لها .

12- التربية لمقاومة الاضطجاع Breeding For Loding Resistance :-

الاضطجاع هو حدوث انحناء او ميلان الساق ، هذا الانحناء ربما يحدث في قاعدة الساق او الجذور (في الحبوبيات خصوصا) او ربما ينكسر الساق . ربما يحدث الاضطجاع ربما يحدث في ايه مرحلة خلال تطور النبات . تأثير الرقاد يعتمد على المرحلة التي يحدث فيها . تلافي الاضطجاع ربما يكون ممكنا عندما يحدث مبكرا في التطور . يحدث الرقاد بواسطة عوامل عديدة تتضمن :-

أ- تدهور او تعفن الساق المتسبب بواسطة الامراض الفطرية مثل فطر *Gibberella Spp.* .

ب-مهاجمة الآفات الحشرية مثل ثاقبات السيقان ودودة الجذور والديدان القاطعة

ت-الظروف الجوية بضمنها الرياح القوية والامطار الغزيرة والعواصف واخرى تسبب انحناء او تكسر السيقان .

ث-الاضرار الزراعية من استخدام الآلات الزراعية والتي تسبب جروح للنبات تؤدي الى الرقاد . الزراعة بكثافة عالية تسبب نمو شاحب (ابيض) وسيقان ضعيفة . ان التسميد المفرط يسبب نمو خضري غزير مما يسبب انتاج نباتات ثقيلة في القمة وتكون بذلك سهلة الانحناء بواسطة الرياح .

ج- هناك نباتات وراثيا هي حساسة للرقاد اساسا .

ح- حمل الثمار او حاصل ثقيل تصبح النباتات ميالة للرقاد .

الفقد بالرقاد يتضمن ما يلي

أ- فقد الحصاد Harvest Losses :- الرقاد ربما يؤدي لخفض الحاصل بسبب خفض مستوى صافي الامتصاص للمغذيات والماء وتقليل اعتراض الضوء . السيادة القمية ربما تتحطم مما يقود الى زيادة التفرع والاغصان حيث ان النموات

الخضرية الاضافية تصبح مضرة ومتطفلة اذ لم تحمل حاصل محدود . كما ان الرقاد يؤدي الى ان تكون الحبوب قريبة من الارض وبذلك تكون الحاصدات غير قادرة على حصادها .

ب-تقليل نوعية المنتج Reduced Quality of Product :- النباتات والعرانيص والقرنات او السنابل تصبح قريبة او تلامس التربة ، مما تسبب الاصابة بالأمراض او ان البذور الجافة ربما تنبت وهي في السنابل او القرنات وان هذا التدهور يقلل نوعية المنتج وكذلك كمية الحاصل المحصود .

يمكن تقليل الرقاد من خلال العمليات ادناه :-

1- مسافات نباتية صحيحة (كثافة نباتية ملائمة) لتجنب ضعف النباتات .
2- تسميد النباتات في المرحلة المناسبة وتوازن مغذيات جيد لنمو افضل
3- استعمال الاصناف المقاومة للرقاد في الزراعة
4- الحصاد في الوقت المناسب .
5- مكافحة الآفات الحشرية والامراض .
6- زراعة اصناف قصيرة (متقزمة) .

13- التربية لمقاومة الانفراط Breeding For Shattering Resistance :-

الانفراط (Shattering) هو فقد البذور من القرنات او السنابل الجاهزة للحصاد . نباتات المحاصيل مثل فول الصويا وذات البذور الصغيرة لها الاستعداد للانفراط . التأخير في الحصاد وبأيام قليلة ربما ينتج عنه فقد مهم في الحبوب (الحاصل) . مقاومة الانفراط هي صفة كمية وقد تم تطوير اصناف مقاومة للرقاد لبعض المحاصيل الحقلية الرئيسية .

14- التربية لمقاومة الحرارة والجفاف Breeding For Heat and Drought Resistance :- الشد الرطوبي والحرارة المفرطة تحدث في المناطق ذات الحرارة العالية ومنخفضة الامطار . هذه الظروف مجتمعة مع رياح

قوية تسبب جفاف سريع لأنسجة النبات . التنفس يحدث بمستوى اعلى من التمثيل الضوئي . بناء على ذلك ينخفض الحاصل بشكل كبير والتأثير على الحاصل يعتمد على مرحلة النمو التي يحدث فيها الجفاف الشد الحراري غالبا ما يضر بإنتاجية المحصول عندما تحصل خلال فترة التزهير . في هذه المرحلة فان حيوية حبوب اللقاح واستقبال الميسم وتكوين البذور يقل بسبب الحرارة المفرطة .

هناك اليتين لمقاومة الجفاف في النبات ، النبات يمكن ان يتجنب الجفاف (الية الهروب overdance mechanism) او التحمل (الية التحمل tolerance mechanism) . التراكيب الوراثية ذات النظام الجذري العميق يمكنها استغلال الرطوبة من الاعماق المنخفضة في التربة وبذلك تتجنب الشد الرطوبي . بعض الانواع تتجنب تقنيا ، مثل التفاف الاوراق تحت الشد الرطوبي ويصبح تأثير الفقد بالنتح منخفض . مربو النبات احيانا يلجؤون الى التربية للنضج المبكر في التراكيب الوراثية لاستخدامها في المناطق الجافة . هذه الاستراتيجية تسمح للتراكيب الوراثية بالأزهار قبل حدوث الشد الحراري .

15- التربية لقسوة الشتاء Breeding For winter Hardiness :- هذه الصفة مهمة في المناطق ذات الشتاء القاسي تحت مثل هذه الظروف الجوية انسجة النبات ربما تتجمد او النبات ربما يتحطم بشكل كامل .

تفوق التقنية الحيوية على طرق التربية التقليدية

Biotechnology Exceds Conventional Breeding Methods

قدمت التقنية الحيوية طريقة جديدة في معالجة النباتات بشكل دقيق مستهدفة حالة محددة ومعروفة في النبات ، على عكس الطرق التقليدية في تربية النبات والتي تستهدف النبات بشكل كامل .

تربية النبات الجزيئية معنية بمعالجة النباتات على مستوى الخلية وتحت الخلية حيث يعامل DNA بصورة مباشرة باستخدام طرق التقنية الحيوية . واحدة من وسائل لتقنية الحيوية هي تقنية اعادة بناء (توليفة) DNA (recombinant DNA technology) او (الهندسة الوراثية genetic engineering) بواسطة اخذ قطعة من DNA من اي كائن حي ونقلها الى كائن حي اخر وان الـ DNA لكاف الكائنات الحية تخضع لنفس القوانين .

يمكن اخذ قطعة من DNA باستخدام انزيمات القطع Restriction Endonuclease اذ تدمج هذه القطعة في حامل جزيئي لأجل التكاثر يدعى عامل الاستنساخ Cloning Vector . حلقة DNA تدعى بلازميد (plasmid) وجدت في البكتريا حيث يدخل فيها قطع DNA المراد نقلها والبكتريا تدعى بعد ذلك (الناقل) . المرحلة الثانية هي نقل قطعة الجين الى النبات . استخدمت البكتريا *Agrobacterium tumifaciens* كحامل للجينات . هذه البكتريا تدخل الى النبات (خلايا النبات) في الزراعة النسيجية والنباتات الناتجة من ذلك تدعى النباتات المعدلة وراثيا Transgenic Plants .

التقنية الحيوية تستخدم لحل مشاكل الصنف في انتاج المحاصيل

Biotechnology is Used To Solve a Variety Problems in /crop Production

هناك عدة طرق عامة للتقنية الحيوية والتي استخدمت في الزراعة :-

1- العقاقير البايولوجية Biopharming .

2- التقنية المختبرية In Vitro Techniques .

- **التكاثر الدقيق Micropropagation .**
- **وراثة الخلية الجسمية Somatic Cell Genetics**

- **النباتات المعدلة وراثيا Transgenic Plants**

3- انتاج البذور صناعيا Artifical Seed Production .

4- علامات مميزة ومكافحة الامراض والآفات Diagnostics and Control of Diseases and Pests

5- المعالجة Remediation

6- الخصوبة البايولويجة والتنشيط Biofertilization and phytostimulation .

العقاقير البايولوجية Biopharming

تستخدم النباتات والكائنات الحية الاخرى في تطوير وانتاج عقاقير طبية للإنسان . تستخدم الحيوانات المعدلة وراثيا لإنتاج البروتينات والكيمياويات الاخرى المهمة للإنسان وهذه قد شهدت تقدما جيدا . بعض النجاحات في هذا المجال تتضمن انتاج زلال مصل الدم (يستخدم لمعالجة نزف الدم الطارئ ، ونقص الدم المزمن) عامل VIII (المطلوب من قبل الجسم لتصليح جروح الشرايين) وهرمون نمو الانسان .

التكاثر الدقيق Micropropagation

الاكثار الدقيق هو اكثار النباتات باستخدام طريقة الزراعة النسيجية Tissue Culture (تنشا اجزاء النبات في المختبر وبعض الاحيان انتاج كامل للنبات) تستخدم هذه التقنية في تطوير الاصناف . فوائد هذه التقنية :-

1- طريقة سريعة في اكثار نباتات جديدة .

2- الانتاج الواسع للتراكيب الوراثية الجديدة .

3- غياب المسببات المرضية ، تؤخذ اجزاء نقية من النباتات المرضية .

4- تتطلب كمية صغيرة فقط من نسيج النبات .

يطبق الاكثار الدقيق في بيئة معقمة ، يستخدم النسيج الذي يؤخذ من اي جزء من النبات مثل الورقة والساق وحبة اللقاح والجذور .

مادة البدء تدعى النبيتة (explant) تعقم سطحيا وتوضع على وسط غذائي معقم يحتوي المغذيات الكبرى والصغرى وسكر وفيتامينات ومنظمات نمو . التركيبة الشائعة للوسط الغذائي هي (Murashing and skoog (MS . تتحول النبيتة الى جسم غير منتظم (بلا شكل) وكتلة غير متميزة من النسيج تدعى الكالس (Callus)، يمكن استخدام منظمات النمو لاستحداث التجذير والنموات الخضرية ثم الوصول الى نبات كامل .

بعض الاحيان ربما يستخدم وسط النمو من قبل العلماء لاستحداث الطفرات بالتطفير Mutagenesis وطريقة العمل هذه تدعى انتخاب الخلية الجسمية Somatic Cell Selectionالانتخاب على توارث التغاير والذي يدعى التغاير الخلوي الجسمي Somatic Variation تعد لهذه المتغايرات قيمة زراعية وتستخدم بواسطة مربي النبات لتحسين النبات . قد تحتوي الخلايا القديمة على ممرضات جهازية (فايروسات) او بكتريا ولكن النسيج المرستيمي عادة خالي من مثل هذه المسببات المرضية .

في تحسين المحاصيل يقوم مربو النبات بإجراء التضريب الوراثي بين اباء متباعدين وراثيا لإنتاج توليفات جديدة من التراكيب الوراثية وهذه تنجح اذا كان الاباء ينتمون الى النوع نفسه ولكن النجاح يكون صعبا اذا كان الاباء من انواع متباعدة وراثيا حيث يؤدي ذلك الى فشل نمو وتطور الجنين في حالات يأخذ الجنين غير الناضج ويزرعونه بطريقة الزراعة النسيجية وهذه التقنية تدعى اكثار الجنين Embryo rescue .

وراثة الخلية الجسمية Somatic Cell Genetics

استطاع العلماء من اكثار النباتات ذات نصف العدد الكروموسومي (haploid plants) من سبورات صغيرة (مثل زراعة المتك another Culture) هذه الخلايا ذات نصف العدد الكروموسومي يمكن تهجينها بطريقة تدعى (التهجين الجسمي Somatic Hybridization) بواسطة عملية اندماج البروتوبلاست Protoplast Fusion وهذه مكنت التضريب من ادخال المورثات Interogression للصفة الزراعية المرغوبة عبر العوائق الوراثية .

النباتات المعدلة وراثيا Transgemic Plants

عن طريق استخدام الهندسة الوراثية في نباتات المحاصيل تم تطوير وتحسين المحاصيل بواسطة السماح بنقل الجينات عبر النواقل الوراثية . هذه الطريقة لم تسمح فقط بنقل الجينات ولكن سمحت لمربي النبات بانتخاب العضو الذي نقل اليه الجين والجدول (3.17) يبين الانجازات الرئيسية للنباتات المعدلة وراثيا .

جدول 3.17 : امثلة منتخبة للنباتات معدلة وراثيا لصفات خاصة

ت	النوع	الصفات المعدلة
1	الذرة الصفراء	جين Bt لمقاومة ثاقبة الذرة الصراء الاوربية ومقاومة مبيدات الادغال
2	القطن	جين Bt لمقاومة ثاقبة الذرة الصراء الاوربية ومقاومة مبيدات الادغال
3	الرز	Provitamin A (رز ذهبي)
4	الطماطة	حفظ النكهة وتأخير التلف بعد الجني
5	البطاطا الحلوة	جين نوعية البروتين
6	البنجر السكري	مقاومة مبيدات الادغال

هل الاغذية المعدلة وراثيا امنة ؟

Are Bioengineered Foods Safe ?

التربية التقليدية تعتمد على نقل وتوليف العوامل الوراثية بأكملها مما يؤدي الى انتقال الجينات المرغوبة وغير المرغوبة . ان تمييز وفرز وانتخاب انواع جديدة ومستقرة وراثيا هي عملية بطيئة جدا . ان الطفرات الوراثية التي تؤدي الى تحسين المحصول تحدث بمعدلات منخفضة جدا حتى عندما يتم احداثها صناعيا ، ولكن تقنية التحوير الوراثي بأساليب الهندسة الوراثية تتم بدقة شديدة ولم يظهر منها اخطار واقعية وذلك من نتائج التجارب التي اجريت لتقرير الصلاحية لهذه التراكيب المستحدثة ولكن هناك مخاوف بيئية وصحية بعضها افتراضية لذا تم وضع ضوابط ونظم ولوائح تحكم تداول نباتات الهندسة الوراثية قبل واثناء وبعد تعديلها وتراقبها الهيئة الامريكية لحماية البيئة (EPA) بالتعاون مع لجان الامان الحيوي في مراكز الابحاث وبعد ذلك تصرح ادارة الدواء والغذاء الامريكية باستعمالها .

انتاج البذور صناعيا Artificial Seed Production

يمكن استعمال النباتات في التقنية الزجاجية لاستحداث مستوى عالي من الاجنة الوراثية الجسمية Somatic Embryo genesis (تطوير الاجنة في الزراعة النسيجية) هذه التركيبات تغلف على شكل كبسولات بأغلفة حماية بيولوجية لإنتاج البذور الصناعية للإكثار . ربما يدعم هذا التغليف بالأسمدة ومبيدات الآفات او بعض احتياجات البذور الاخرى . البذور الصناعية تسهل طريقة اكثار النباتات (الاكثار الكلوني او الاستنساخ الكلوني clonally) .

المصادر العربية

احمد ، رياض عبد اللطيف . 1987 . فسلجة الحاصلات الزراعية ونموها تحت تاثير الظروف الجافة (الشد الرطوبي) مديرية دار الكتب للطباعة والنشر . جامعة الموصل . العراق .

الحديثي ، عصام خضير واحمد مدلول الكبيسي وياس خضير الحديثي . 2010 . تقانات الري الحديثة ومواضيع اخرى في المسألة المائية . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة الانبار . العراق .

السعيد ، عبد العزيز بن محمد سليمان ، 2001 . ادارة المراعي . الاسس والتطبيقات (مترجم) النشر العلمي والمطابع . جامعة الملك سعود . المملكة العربية السعودية .

الطائي ، طه احمد علوان . 1987 . الاسمدة ومصطلحات التربة . مديرية دار الكتب للطباعة والنشر . جامعة الموصل . العراق .

الطيف ، نبيل ابراهيم وعصام خضير الحديثي . 1988 . الري اساسياته وتطبيقاته . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة بغداد . العراق .

العروسي ، حسين وعماد الدين وصفي .مورفولوجيا وتشريح النبات . مكتبة المعراف الحديثة ، 23 شارع تاج الرؤساء – سابا باشا . الاسكندرية . مصر العربية .

العطار ، عدنان عبد الامير ومؤيد احمد اليونس ومحي الدين ايوب . 2013 المدخل الى علم اجنة نباتات مغطاة البذور . الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة . جامعة بغداد . العراق .

الفخري ، عبد الله قاسم واحمد صالح خلف . 1983 . بذور المحاصيل وانتاجها ونوعيتها . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة الموصل . العراق .

المعيني ، اياد حسين علي . 2010 ز استجابة الذرة الصفراء للسماد النيتروجيني ولفترات ري مختلفة . مجلة الزراعة العراقية . 15 (1) : 1 – 10 .

المعيني ، اياد حسين علي 2015 . علم بيئة النبات . الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة . العراق .

المعيني ، اياد حسين علي و رافد صالح نهابة . 2007 . تاثير تكرار الري وتوزيع النباتات في نمو وحاصل الذرة الصفراء *Zea mays* L. . مجلة الانبار للعلوم الزراعية 5 (1) 84 – 89 .

الموسوي ، علي صاحب طالب وعبد الحسن مدفون ابو رحيل . 2011 . علم المناخ التطبيقي . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة الكوفة . النجف الاشرف . العراق .

النعيمي ، سعد الله نجم عبد الله 1984 . مبادئ تغذية النبات (مترجم) وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة الموصل . العراق .

اليونس ، عبد الحميد احمد . 1993 . انتاج وتحسين المحاصيل الحقلية . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة بغداد . الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة

اليونس ، عبد الحميد احمد ومحفوظ عبد القادر وزكي عبد الياس . 1987 . محاصيل الحبوب . مديرية دار الكتب للطباعة والنشر . جامعة الموصل . العراق .

حسن ، احمد عبد المنعم . 2005 . طرق تربية النبات الدار العربية للنشر والتوزيع . القاهرة . مصر العربية .

حسين لطفي وعبد السلام محمود عزت .1978 . معدات مكننة المحاصيل الحقلية . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة بغداد . مطبعة جامعة بغداد . العراق .

حمزة جلال حميد وخضير عباس جدوع وفاضل يونس بكتاش 2010 . تاثير حجم البذرة ومواعيد الزراعة في نسب الانبات والبزوغ ومعايير النمو وحاصل الحبوب للذرة البيضاء .*Sorghum bicolor* L -1 نسبة الانبات ومعايير قوة البادرة . مجلة الزراعة العراقية 15 (1) : 11 – 27 .

سلمان ، حسن سامي . 2014 . تاثير السماد النيتروجيني والزراعة المتداخلة للحنطة مع بعض البقوليات في نمو وحاصل الحنطة *Triticum aestivum L.* . رسالة ماجستير . قسم المحاصيل الحقلية . كلية الزراعة . جامعة بابل . العراق .

شرف ، عبد العزيز طريم . 1996 . الجغرافية المناخية النباتية مع التطبيق على مناخ افريقيا ومناخ العالم العربي . دار المعرفة الجامعية . 40 شارع سويتر . الازاربطية . القاهرة . مصر العربية .

عبد الجواد ، عبد العظيم ، ونعمت عبد العزيز نور الدين و طاهر بهجت فايد . 2007 . علم المحاصيل القواعد والاسس . الدار العربية للنشر والتوزيع . مصر العربية .

عزام ، حسن . 2006 . اساسيات انتاج المحاصيل . منشورات جامعة دمشق . كلية الزراعة .

عمران ، محمد السيد . 2004 . خصوبة الاراضي وتغذية النبات . الدار العربية للتشر والتوزيع . 32 شارع عباس العقاد . مدينة نصر . القاهرة . مصر العربية .

عيسى ، طالب احمد .1990 . فسيولوجيا نباتات المحاصيل (مترجم) وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة بغداد . العراق .

كذلك ، محمد محمد . 2002 . زراعة محاصيل الاعلاف والمراعي . منشأة المعارف جلال حزي وشركاه . الاسكندرية . مصر العربية .

مسلط ، موفق مزبان وعمر هاشم مصلح . 2010 . اساسيات في الزراعة العضوية . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة الانبار . العراق .

منصور ، حسن نجم . 2013 . استجابة الشعير *Hordeum vulgare* L. للاجهاد المائي بتاثير طريقة الزراعة . رسالة ماجستير . قسم المحاصيل الحقلية . كلية الزراعة . جامعة بابل . العراق .

مؤمن . نوري موسى . 1999 . فيزياء التربة التطبيقية (مترجم) . جامعة عمر المختار . الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى .

المصادر الاجنبية

Abd El-Lattief , E. A. 2011 . Bread wheat *Triticum aestivum* L. Productivity and profitability as affected by methods of sowing and seeding rate under Qena environment Asian J. Crop Sci. , 3 (4) 188 – 196 .

Abd El-Lattief , E. A. 2014 . Determining the optimization seeding rate for improved productivity of wheat under southern Egypt conditions . IJAAR . 4 (1) : 47 – 57 .

Acquaah , 2002 . Principle of Crop Production – theory techniques and technology . Prentice – Hall of India private Limited New Delhi – 110001.

Acquaah , G. 2002 . Principles of crop production . Theory Techniques and Tech. Prentice – Hall of India private limited New Delhi : 110 – 001 .

Adams , F. (Ed) 1984 . Soil acidity and liming , 2nd Edition Am. Soc. Agron . Wisconson . USA

Ademir , C. and Hargroveh , W. L. 2008 . Impact of long – term no tillage and cropping system management on soil organic carbon in an oxisol : A model for sustainability . Agron . J. 100 : 1013 – 1019 .

Agarwal , R. R. , Yadav , J. S. P. and Gupta , R. N. 1982 . Saline and alkali soils of India , ICAR , New Delhi

Agbenin , J. O. and Tiessen H. 1995 . Phosphorus forms in particle – size fraction of a toposequence from northeast Brazil Soil Sci. of America J. . 59 : 6 , 1987 – 1693.

Agrawal , R. L. 1998 . Fundamental of plant breeding and hybrid seed production . Science Pub. , Inc. , Enfield , New Hampshire , USA .

Agrawal , R. L. 2010 . Seed technology . Chaman Enterprises , New Delhi India .

Agriculture Outlook . 2000 . Manoging farm risk : Issues and strategies . Washington , D.C. : Economic Research service USDA .

Agrios , G. N. 1988 . Plant pathology 3rd ed. New York . Academic press – Inc.

Ahlawart , I. P. S. and Saraji , C. S. 1980 . Response of pegeonpea *Cajanus cajan* to plant density and phosphorous fertilizer J. Agric. Sci. 97 (1) : 114 – 124 .

Ahmed , A. A. , Zaki , M. R. , Helmy , Y. I. and Ebd El.Baky , M.H. 2015 . Integrated use of farmyard manure and incorganic fertilizer on growth , yield and quality of potato *Solanum tuberosum* L. International J. of current Microbiolgy and Applied Sciences . Vol.4 (10) 325 – 349 .

Ahuja , S.S. , Pramod , R. and Baldev , D. 2007 . Economics of harvesting and threshing of wheat and paddy in northern India ; J. of Agriculture Engineering New Delhi 44 (2) : 14 – 19 .

Aicrpda 1980 . The fifteen year of dryland agriculture research at university of agricultural sciences Bargalore UAS , Bangalore PP. 8 – 12 .

Alfredo , B. R. , Alvarezb , D. E. , Buschiazzoc and Canteted , R. S. 2008 . Tillage effect on soil carbon balance in a semiarid a groecosystem . Soil Sci. Soc. Am. J. 72 : 1140 1149 .

Ali , A. H. and Al juboori , R. K. 2011 . Efficient irrigation method for the production of wheat in the region of central iraq . The international scientific conference of salahaddin university Erbil , Kurdistan , Iraq 3 (4) : 944 – 947 .

Allard , R. W. 1964 Principles of plant breeding Jhon , Wiely , N. Y.

Allison , F. E. 1973 . Soil Orgrnic matter and its role in crop production . Elsevier Scientific publishing company . New York .

Almekinders , C. J. M. and Elings , A. 2001 . Collaboration of farmers and breeders : Particpatory crop improvement in perspective . Euphytica 122 : 425 – 438 .

Amedie , F. A. 2013 . Impacts of climate change on plant growth , ecosystem service , biodiversity and potential adaptation measuces , Ms.C. thesis , Dept. of Biol. Environ. Sci. (Inst. For biologi) Univ. of Guthenburg Sweden .

Anand , Y and Kajjidona Ti. 2014 . Genetic enhanced of grain size and other productivity related traits through induced variability in sorghum . Karna , J. Agr. Sci. 27 (2) : 121 – 124 .

Arion , I. 1972 . Crops production in dry regions Vol. 1 Leonard Hill , London .

Arriage , F. J. Lowery , B. 2003 . Corn production on an eroded soil : effect of total rainfall and soil water storage Soil and Tillage Research 71 : 87 – 93 .

Atkin , O. K. , Bruhn , D. , Hurry V. M. and Tioelker , M. G. 2005 . The hot and the cold : unraveling the variable response of plant respiration to temperature : Functional plant Biology , 32 ; 87 – 105 .

Aulkh M. S. , Kabba , B. S. , Baddesha , H. S. , Bahl G. S. and Gill M. P. S. 2003 . Crop yield phosphorus fertilizer

transformation after 25 years of application to a subtropical soil under groundnut – based cropping system Fields Crops Reasearch 83 : 283 – 296 .

Baeumer , K and Bakermans , W. A. P. 1973 . zero tillage . Adv. Agron. 78 – 125 .

Bajaj , Y. P. S. 1995 . Cryopreservation of plant cell , tissue and organ culture for the conservation of germ plasm and biodiversity In : Y. P. S. Bajaj . (ed) . Biotechnology in Agriculture and Foresly . Springer – Verlay , Berlin , Germany .

Bapi Reddy , T. and Snkara , G. H. 1973 . Multiple cropping under well irrigation in chittoor district of Andhra Pradesh in Multiple cropping . Indian Society of Agronomy New Delhi .

Bara , B. S. et al 2015 . Effect of long application of inorganic and organic fertilizers on soil organic carbon and physical properties in maize – wheat rotation . Agron. J. 5 : 220 – 238 .

Bardr , M. A. 2007 . Spatial distribution of water and nutrients in root zone under surface and subsurface drip irrigation and cantaloupe yield . world J. of Agric. Sci. : 3 (6) 747 – 756 .

Barron , J. Okwach , G. 2005 . Runoff water management for dry spell mitigation in maize (*Zea mays* L.) results rom on

farm research in semi – arid Kenya Agric Water Manage 74 (1) : 1 – 21 .

Baskaran , R.K.M. , Chandrasekaran , J. and Thangwela , S. 1993 . Effect of intercrop on the incidence of groundnut leaf minor madres Agril. J. 80 : 111 – 113 .

Basra , A. S. 1995 . Seed quality , Basic mechanisms and agricultural implication . New York : Food product press .

Bass , L. N. 198 . Seed viability during long – term storage Horti Review 2 : 117 – 141 .

Bauerie , T. I. , Richards , J. H. , smart , D. R. and Eissenstat , D. M. 2008 . Importance of internal hydraulic redistribution for prolonging the lifespan of roots in dry soil . Plant Cell and Environmental 31 (2) : 177 – 186 .

Baumgartener , A. and Reichel , E. 1975 .The world water balance Elsvier Scientific Publishing Co. , Amsterdam .

Baumhardt , R.L. and Lascano , R. J. 1996 . Rain infiltration as affected by wheat residue amount and distribution in ridge. Soil Sci. Soc. of Amer. Journal 60 : 6 , 1908 – 1913.

Bear , F. E. (Ed) . 1979 . Chemistry of soil 2nd Edn. Oxford and I.B. Publishing Co. New Delhi .

Bei, I. , Aiying , W. , Chunxia , S. Ning , I. , and Juren , Z. 2008 . Heterologous expression of the Ts VP gene improves the drought resistance of maize . Plant Biotech. J. 6 (2) : 140 – 159 .

Benjamin , J. G. , Porter , L. R. , Duke , H. R. and Ahuja , L. R. 1997 . Corn growth and nitrogen uptake with furrow irrigation and fertilizer band . Agron. J. 89 : 609 – 612 .

Benson , L. L. 1979 . Plant classification . Washington , Dci Health and Co.

Beri , U. and Meelu , O.P. 1981 . Substitution of nitrogen through green manure in rice , Indian Fmg. , 31 (2) : 3 – 4 .

Bewley , J. D. 1979 , Physiology aspects of desiccation tolerance Ann. Rev. Plant Physiol . 30 : 192 – 238 .

Bewley , J. D. and Black . M. 1978 . Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination , Vol. 1 , development and growth . Springer – Verlag , Berlin , New York .

Beyaer , R. P. , Schott , J. W. and white , P. H. 2002 . Tillage effect on corn production in a coarse – textured soil in southern ontario . Agron. J. 94 : 4 , 764 – 774 .

Bharadwaj , S. P. Prasad , S. N. and Singh , G. 1951 . Economissing nitrogen by green manures in rice , wheat rotation , Indian J. Agric. Sci. 51 (2) 86 – 90 .

Bharthlkshmi , V.1986 . Influence of geometry on growth and yield of rainfed bunch groundnut varieties M. Sc. (Agr.) . Thesis submitted to Andhra prsesh Agricultural university Hyderabad , India .

Bhaskara Reddy , G. , Rami Reddy , S. and Sankara , G. H. 1981 . High frequency of irrigation for increasing groundnut production . Oil Seeds J. 11 : 19 – 24 .

Bhattarai , S. P. , Midmore , D. J. , Pendergast , L. 2008 .Yield , water use efficiencies and root distribution of soybean , chickpea and pumpkin under different subsurface drip irrigation depths and oxygation treatments in vertisols . Irrigation Science 26 (5) : 439 – 450 .

Bhattarai , S. P. Huber , S. , Midmore , David J. 2004 . Aerated subsurface irrigation water gives growth and yield benefits to zucchini vegetable soybean and cotton in heavy clay soil . Annals of Applied Biology , 144 : 285 – 298 .

Bidinger . E. R. 1978 . Yield physiology under stress . comparative response of wheat and barley . Dessert Absrt. Inter . B38 (10) : 4573 – 4574 .

Bihatt , R. , Khera , K. L. and Arora , S. 2004 . Effect of tillage and mulching on yield of corn in the submontaneous

rainfed region of punjub , India . International J. of Agriculture and Biology 6 (1) : 126 – 128 .

Biswas , K. and Mukherjee , S. K. 1987 . Textbook of soil science . Tata McGraw Hill , New Delhi .

Blackman , F. F. 1905 Optima and limting factors . Ann. Bot. 19: 281 – 295 .

Bloor , M. G. , Pichon , P. Falcimagne R. , Leadley P. , and soussana J. F. , 2010 . Effects of warming summer drought , and CO_2 enrichment on above ground biomass production . flowering phenology and community structure in an upland grassland ecosystem . Ecosystems 13 ; 862 – 882 .

Boote , K. J. 1982 Growth stages of Poanut *Arachis hypogaea* Peanut Sci. 9 (1) : 35 – 39 .

Bowver , H. 1988 . Water conservation Agric Water Management 14 : 233 – 241 .

Boyer , J. S. 1969 . Advance in drought tolerance in plant Adv. in Agron. 56 : 187 – 219 .

Brady , C. N. and Weil , R. R. 1999 . The nature and properties of soils , 12th ed. Upper Saddle River , N. J. : prentice – Hall .

Brady , C. N. and Weli , R. R. 1999 . The nature and properties of soils 12th ed. Upper saddle River , N. J. : prentice – Hall .

Brady , C. N. and Well . R. R. 1990 . The nature and properties of soils 12th ed. Upper saddle River , N. J. : prentice – Hall .

Brengle , M. 1982 . Principle and practices of dryland farming . Colorado Associated university Press Colorado .

Bresler , E. 1977 . Trickle drip irrigation : principle and application to soil – water management . Adv. Agron 29 : 344 – 393 .

Briggs , G. E. , 1925 . Plant yield and the intensity of external factors . Ann. Bot. 155 : 475 – 502 .

Bunce , J. A. 1982 . Effect of water stress on photosynthesis in relation to diurnal accumulation of carbohydrates in dource leaves . Canadian J. Bot. 60 (3) : 195 – 200 .

Buresh , R. J. , Vlek, P.L. G. and Stumpe , J. M. 1984 . Labelled nitrogen fertilizer research with urea in the arid tropics . I.reenhouse studies . Plant and Soil . 80 (1) : 3 – 19 .

Buresh ,K. J. and De Data , S. K. 1991 . Nitrogen dynamics and management in rice Legume cropping system . Adv. Agron. 45 : 2 – 59 .

Burns , R. C. and Hardy , R. W. F. 1975 . Nitrogen fixation in bacteria and higher plants Berlin , Springer – Verlag .

Callaway , M. B. and Francis , C. A. 1993 . Crop improvement for sustainable agriculture . University of Nebraslea Press . Lincoln , Nebraska , Press . Lincoln , Nebraska , USA .

Cambouris , A. IV. Nolin , M. C. , simard , R.R. and Robert , P.C. 2003 . Optimisation of corn seeding rates based on clay content , Proceeding of the 6th international conference on precision Agriculture and other precision resources management , Minneapolis , MN , USA : 490 – 504 .

Carrara , M. , comparetti A. , Febi , P. and orland , S. 2004 . Spatialty variable rate herbicide application on durum wheat in silicy . Biosystems Engineering 87 (4) : 387 – 392 .

Chafurvedi , G. S. Agarwal , P. K. and Sinha , S. K. 1981 . Effect of irrigation on the Stability of leaf size of wheat triticale and barley . Indian . J. Agric. Sci. 64 (3) : 135 – 246 .

Chandrasekaran , B. Annadurai , K. and Somasundaram , E. 2010 . A text book of Agronomy . New international publishers New Delhi India .

Chapman , H. D. 1971 . Soil testing and plant analysis . Soil science society of America . Spl. Publication No. 2 , wisconson .

Chapman , S. R. and Carter L. P. Crop production – Principles and practices . Surjeet Publications , Delhi .

Charlesworth , P. B. and Murihead , W. A. 2003 Crop establishment using subsurface drip irrigation : acomparison of point anf area sources . Irrigation Science 22 : 171 – 176 .

Chatterjee , B. N. and Battacharya , K. K. 1989 . Principles of grain legume production . Oxford and IBH New Delhi .

Chatterjee , B.N. and Mandal , B.K. 1992 . Present trend in research on intercropping . Indian J. Agric. Sci. 62 (8) 507 – 518 .

Chatterjee B. N. and Maiti , S. 1984 . Cropping system , theory and practices Oxford and I.B.H. publishing Co. New Delhi .

Chopra , V. L. (ed) 2000 . Plant breeding : theory and practice (2nd ed.) . Oxford and IBHPUB . Co. Pvt Ltd, New Delhi , India .

Chrispeels , M. J. and Sadava , D. E. 1994 . Plant , gene and agriculture . Boston : Jones and Bartlett Publisher .

Chun , R. W. , Al, F. Y. , Qiany , G. , Hai , Y. Y. and Ju , R. Z. 2008 . Enhanced expression of phospholipase Cl (Zm PLCI) improves drought tolerance in transgenic – Planta 227 (5) : 1127 – 1140 .

Clavel , D. , Drame , N. K. , Macauley , H. R. , Braconnier , S. and Laffray , D. 2005 , Analysis of early responses to drought associated with field drought adaptation in four sahelian groundnut *Aracjis hypogaea* L. cultivars Environmental and experimental Botany 54 (3) : 219 – 230 .

Collis , N. and Yoganathan , P. 1985 . The effect of soil strength on germination and emergence of wheat Aust. J. Soil Res. 23 : 577 – 578 .

Copeland , L.O. and McDonald , M. B. 1995 . Principles of seed science and technology , 3rd (ed) New York : Chapman and Hall .

Copeland , O. L. and McDonald , B. M. 2001 . Seed secince and technology kluwer Academic publisher Boston / Dordrecht / London .

Corbeels , M. , Hofman , G. , Cleemput , O. Van – Cleemput O. 2000 . Nitrogen cycling associated with the decomposition of sunflower stalks and wheat straw in a vertisol . plant and soil 218 : 1 – 2 ; 71 – 82 .

Cote , C. M. Bristow , K. L. charlesworth , P. B. cook , F. J. and Thorburn , P. J. 2003 . analysis of soil wetting and solute

transport in subsurface trickle irrigation . Irrigation Sci. 22 (314) : 143 – 146 .

Crisat , 1988 . Drought research priorities for the dry tropics (Bidinger , F. R. and Jhonnsen , C. Ed.) ICRISAT center India .

Critchley , W. and Siegert , K. 1991 . Water harvesting . FAO , Rome , PP. 133 .

Csatho , P. , Kalra , Y. P. , 2002 . the residual effect of K fertilization in a hungarian corn monoculture long – term field trial , 1990 – 1999 Communication in soil science and plant analysis 33 : 15 – 18 , 3105 – 3119 .

Cure , J. D. , Raper , C. D. Jr. , Patterson , R. P. and Robage , W. P. 1985 . Dinitrogen fixation in soybean in response to leaf water stress and seed growth rate . Crop Sci. 25 (1) : 52 – 58 .

Dargan , K. S. , Singh , O. P. and Gupta , I. C. 1982 . Crop production in salt – affected soils Oxford and I. B.H. publishing Co. , New Delhi .

Dargan , K. S. , Singh , O. P. and Gupta , K. 1982 . Crop production in salt affected soils – oxford and IBH publishing company , New Delhi .

Darvesh Saheb , S. , Chandraskhara Rebby , T. 1990 . Effect of time of application of modified urea materials on growth yield components , nutrient uptake and yield of lowland rice *Oryza sativa* . Indian J. Agric. Sci. 60 (4) 276 – 277.

DAS , B. C. 1977 . Soil conservation practices and erosin control in India – A case study , In : FAG Soils Bulletin No. 33 Food and Agriculture Organization , Rome .

Das , T. K. 2008 . Weed Science , Basic and Application . Jain brothers , 16 / 873 , East park Road , Karol Bagh , New Delhi – 110005 India .

De Datta , S. K. 1995 . Nitrogen transformation in wet and rice ecosystem . Fertilizer Research 42 : 1 – 3 , 193 – 203 .

Denter , R. A. 1986 . Model experiments on the behavior of soil strength at the interface between atilled seeded abd a compacted subsoil . Plant and soil 95 : 123 – 133 .

Dhruvanarayana , V. V. Singh , R. P. , Bharadwaj , S. P. , Samara , S. B. , Sikka , A. K. , Vittal , K. P. R. and Das , S. K. 1987 . Watershed management for drought mitigation . Indian Counical of Agriculture Research , New Delhi .

Dickey , E. G. , Shlton , D. P. , P. J and Peterson , T. R. 1984 . Tillage residue and erosion on moderately sloping soils , Trans . ASAE , 27 (4) : 1093 – 1099 .

Doorenbos , J. and Kassam , A. H. 1979 . Yield response to water FAO Irrigation and Drainge paper No. 33. Food and Agriculture Organization of United Nations , Rome .

Doorenbos , J. and Priutt , W. O. 1975 . Crop water requirement irrigation and drainage paper No. 24 . Food and Agriculture Organization of United Nations , Rome .

Doorenbos , J. and Pruitt , W. O. 1977 . Crop water requirement Irrigation and Drainage . FAO , Rome . Paper No. 24 , 1977 .

Duke , S.O. 1986 . Weed physiology Vols. 1 and 2 Boca Raton , Fla : CRC press .

Economic Research service / USDA 1997 . Agriculture resources and environmental indictors 1996 – 97 . Agricultural handbook No. – 712 .

Elsner , J. E. , Wayne smith C. and Owen , D. F. 1979 . Uniform stage descriptions in upland cotton . Crops Sci. , 19 : 361 – 363 .

Elzubeir Osman , A.O. 2008 . Response of maize *Zea mays* L. growth and yield to irrigation regimes and different

tillage systems under dongola area conditions – northern state (Sudan) Ph.D. thesis for the degree of Doctor , Faculty of Agriculture Engineering , University of Khartoum , sudan .

Esau , K. 1977 . Anatomy of Seed Plants 2nd ed. New york : Jhon wiley and sons .

Evans , L. T. and Wardlaw , I. F. 1979 . Aspect of comparative physiology of grain yield in cereals . Adv. Agron. 28 : 301 – 359 .

Fehr , w. E. Caviness , C. F. , Burmood , D. T. and Pennigton , J. S. 1971 . Stages of development description for soybeans *Glycine max* (L) Merril . Crop Sci. , 11 : 929 – 931 .

Fehr , W. R. and Hadley , H. H. (eds) 1980 . Hybridization of crop plants . Amer Soc. Agron . Madison Wisc. USA

Fehr, W. R. 1987 . Principles of cultivar development vol. 1 Theory and Technique . Macillian Pub . co. , N. Y.

Foskett , D. E. 1994 . Plant Growth and development : Amolecular approach . San Diego , C A : Academic Press .

Francis , C. A. and Gomez , K.A. 1983 . Multiple cropping in the humid tropics of Asia . IDRC Ottawa Canada .

Galston , A. W. 1980 Life of the green plant , 3rd ed . Englewood cliffs , NJ : Prentice – Hall .

Gardner , E. J. and Sunsteacl , D. P. 1984 . Principles of genetics Jhon Wiely and Sons N. Y.

Ghahal , G. S. and Gosal , S. S. 2002 . Principles and Procedures of plant breeding . Alpha Science International Ltd. , Pangbourne , UK .

Ghildyal , B. P. and Tripathi , R. P. 1987 . Soil Physics . Wiley Eastern Limited , New Delhi .

Goel , A. K. and Kumar , R. 2005 . Economic analysis of water harvesting in a mountainous watershed in india Agricultural water Rheuasemat 71 (3) : 116 – 123 .

Gould , W. D. , Hagedorn , C. and McCready , R. G. L. 1992 .Urea transformation and fertilizer efficiency in Soil Adv. 40 : 209 – 238 .

Goyal , R. K. , Ojasvi , P. R. and Bhati T. K. 1995 . Economic evaluation of water harvesting pond under avid conditions Indian J. Soil Conserve. 23 (1) 257 – 266 .

Grabow , G. L., Huflman , R. L. , Evans , R.O. , Jordan , D. L. , Nuti, R.C. 2006 . Water distribution from a subsurface drip irrigation system and drip line spacing effect on cotton yield and water use efficiency in a coastal plain

soil . Transactions – of – th – ASAE . 49 (6) : 1823 – 1835 .

Gradener , B. R. , Blad , B. L. , Garrity , D. P. and Watts , D. G. 1981 . Relationship between crop temperature , grain yield evapotranspiration and phonological development in two hybrids of moisture stressed sorghum . Irrig. Sci. 2 (4) : 213 – 224 .

Gregory . R. P. 1989 . Photosynthesis . New York . Routledge , Chapman and Hall – Inc .

Grewal , S. S. , Mittial , S. P. Agrnihotri . Y. Dubey , L. N. 1989 . Rain water harvesting for the management of agriculture drought in the foot – hills of northern Indian . Agric. Water Manage . 16 : 309 – 332 .

Gupta , R. K. and aborl . I. P. 1990 . Reclamation and management of alkali soils . Indian . Agric. Sci. 60 (1) : 1 – 16 .

Gupta , U. S. (Ed.) 1975 . Physiological Aspect of Dry land farming oxford and IBH Publishing Co – new Delhi .

Hadda , M. S. and Arora , S. 2006 . Soil and nutrients management practices for sustaining crop yield under maize – wheat cropping sequence in sub mountain bunjab , India . Soil and Environment 25 (1) : 1 – 5 .

Haddadin , M. F. , 2015 . Assessment of drought tolerant barley varieties under water stress . Inter , J. of Agric and foresty 5 (2) : 131 – 137 .

Haines , M. 1982 . Introduction of farming systems . Longman London .

Halmann , M. 1990 . Synthetic plant regulators . Adv. Agron. 23 : 241 – 315 .

Hamdoun , A. M. and Babiker , A.G.T. 1978 . Effect of some herbicides on cotton weeds in the Sudan Gazira Exp. Agric. 14 (2) : 137 – 144 .

Hamideldin , N. and Eliwa , N. E. 2015 . Gamma radiation and sodium azide influence on physiology aspects of maize under drought condition . Basic Res. J. 4 (1) : 5 – 13 .

Hance , R. I. 1980 . Interaction between Herbicides and the soil Academic press London .

Hand , N. A. and Miller , D. E. 1986 . Responses of suger beet to defect . high frequency sprinkler irrigation . Agron. J. 78 (1) : 10 – 14 .

Hansen , V. E. , Isaelson , O. A. and stingham , G. 1979 . Irrigation of Agriculture Lands . American Society of Agronomy . Madison , Wisconson , U.S.A.

Hanumantha , Rao , Y. Bapi Reddy , T. , Yellamanda Reddy , T. and Sankara Reddi , G. H. 182 .Effect f different levels of nitrogen , phosphorus and potassium on growth and yield of finger millet .The Andhra Agric. Sci. J. 29 (1) : 37 – 41 .

Harlan , J. R. 1976 . The plants and animals that nourish man . In food and agricultural San Franciso : W. H. Freeman and Company .

Harper , J.I. (Ed), . 1959 .The Biology of weeds , Black well Scientific publishers , Oxford .

Hartman , H. T. , Kester , D. E. , Davis , F. T. and Geneve , R. L. 1997 . Plant propogation , principles and practies 6th (ed) . upper saddle River , N. J. : Prentice – Hall .

Hauck , R. D. (ed) . 1984 . Nitrogen in crop production Madison WIi American Society of Agronomy .

Hayward , H. E. 1967 . The structure of economic plants . New york : Lubreet and Crammer .

Heitholt , J. J. 1989 . Water Use Efficiency and dry matter distribution in N – and water stressed winter wheat . Agron. J. 81 : 464 – 469 .

Hill , P. 2000 . Crop response to tillage system . IniReeder R. (ed.) : Conservation and Management . Mid West Plan Service Ames , 47 – 60 .

Hillel , D. 1982 . Introduction to soil physics . Academic press . New York .

Hillel , D. 1982 . Introduction to soil physics Academic press New York .

Horrock , R. D. and Yank , A. Y. S. 1983 . Soil temperature effect on element uptake by sorghum . J. plant Nutriation . 6 (8) : 679 – 697 .

Huffman , S. A. Cple , C. V. and Scott , N. A. 1996 . Soil texture and residue addition effects on soil phosphorus transformation . Soil Science Society of America Journal 60 : 4 , 1095 – 1101 .

Hussain , I. , Khan , M. A. and Khan , H. 2010 . Effect of seeds rates on the agro – physiological traits of wheat . Sarhad J. Agric. 26 (2) : 120 – 124 .

Hutsch , B. W. , Augustin J. and Merbach , W. 2002 . Plant rhizodeposition – an important source for carbon turnover in Science 165 : 4 , 397 – 407 .

Imami , Y. Kuwatsuka , S. 1984 . Uptake translocation and metabolic fate of the herbicide molinate in plant pesticide Sci. 9 (1) : 79 – 90 .

Iseaelson , O.W. and Hansen , V. E. 1962 . Irrigation principles and practries . Third Edition , Widely International Edition , New York

Izuno , F.T. and Podmore , T. H. 1986 . Surge irrigation management . Agric. Water Management . 11 : 279 – 291 .

Jackson , R. D. 1982 . Canopy temperature and crop water stress Adv. Irrig. 1 : 43 – 85 .

Jacob , A. and Vexkull , H. V. 1958 . Fertilizer use : Nutrition and Manuring of tropical crops , Verlage – gess lellschaft fur Ackerbaumbh hannover .

Jennie , B. and Okwach , G. 2005 . Run- off water harvesting for dry spell mitigation in maize *Zea mays* L. results from on – farm research in semi – arid Kenya Agricultural Water Management 74 (1) : 1 – 21 .

Jensen , J. R. , Bernhard , R. H. , Hansen , S. , McDonagh , . Moberg , J. P. , Nilsen , N. E. and Nordbo , E. 2003 . Productivity in maize based cropping system under various soil – water nutrient management strategies in a

semi – arid al fisol environment in East A frica . Agriculture – water – Management . 59 : 3 , 217 – 237 .

Jeremy , W. , Siager , S. D.. and David , W. M. 2008 . Soynbean growth and seed yield response to tillage and compost . Agron. J. 100 : 1039 – 1046 .

Jhonsen , D. R. Wyse , D. L. , and Jones , K. J. 1996 . Controlling weeds with phytopathogenic bacteria . Weed Technol. 10 : 621 – 624 .

Jhonsen R.R. and wax , L. M. 1981 . Stand establishment and yield of corn as effected by herbicides and seed vigour . Agron J. 73 (5) : 859 – 863 .

Jones , V. S. 1987 . Fertilisers and soil fertility prentice – Hall of India private Limited New Delhi .

Joshi , M. and Prbhakarasetty , T. K. 2006 . Sustainability through organic farming . Kalyani publishers , New Delhi – 110 002 , India .

Joshi , N. L. and Singh , H. G. 1981 . Chemical control of grassy weeds in wheat . Indian J. Agron. 26 (3) : 302 – 306 .

Katyal , J. C. and Deb , D. L. 1982 . Nutrient transformation in soils – Micronutrients . In Review of soil Research in India Part I . Indian Soc. Soil Sci, New Delhi .

Kay , M. G. 1990 . Recent , development for improving water management in surface and overhead irrigation . Agric. Water Management 17 : 7 – 23 .

Kaydon , D. , and Yagmur , M. 2008 . Germination Seedling growth relative water content of shoot in different seed size tritical under osmotic stress of water and NaCl . African Journal of Biotechnology , 7 (16) : 2862 – 2868 .

Kemper , W. D. , Tront , T. J. and Kincaid , D. C. 1987 . Callegation automated supply for surface irrigation . Adv. Irrigation 4 : 1 – 66 .

Kerbs , C. J. 2014 . Ecological Methodology . Addison – Wesley Educational Publ. Inc. USA .

Kirby , E. J. H. , and Appleyar , M. 1994 . Cereal developmemt and its relation to crop management , In cereal production Ed. E.J. Gallaghar Betterworths London .

Kleeper , L. A. 1979 . Effected of certain herbicides and their combination on nitrate and nitrite reduction . Plant physiol . 64 (2) : 273 – 275 .

Klingman , g.C. 1981 . Weed science principles and practices Jhon wiley and sons Inc. New York .

Kucey , R.M.N. , Janzen , H. H. and Leggett , M. E. 1989 . Microbially mediated increaye in plant – available Phosphours Adv. Agron. 42 : 199 – 228 .

Lakshminaryana , A. and Sankara Reddi , G. H. 1969 . Evapotransporation in different crops and plant densities . The Andhra Agric. J. 16 (1) : 6 – 13 .

Lal , R. , Reicosky , D.C. and Hanson , J.D. 2007 . Evolution of plow over 10.000 years and the rotational for no – till farming –Soil and Tillage Research 93 : 1 – 12 .

Lal , R. 1989 . Conservation tillage for sustainable agriculture : Topical versus temperate environment – Adv. Agron. 42 : 85 – 197 .

Lall , M. and Yadar , L. N.S. 1980 . Crucial time of weed removal in finger millet . Indian J. Weed Sci. 14 (2) : 85 – 88 .

Lamm , R. M. Aiken , Aboukheira , A.A. 2009 . Corn yield and water use characteristics as affected by tillage plant density and irrigation . American Society of Agriculture and Biological Engineers 52 (1) : 133 – 143 .

Lawrance , R. , Stinner , B.R. and House , G.J. (Eco) 1984 . Agriculture Exosystems unifying concepts . Jhon wiley of sons New Delhi ,

Leopold , A. C. and Kriedmann P. E. 1975 . Plant growth and development (2nd ed.) McGraw – Hill Book Co. N. Y.

Liebig , 1840 . Chemistry in its application to agriculture and physiology . Peterson , Philadelphia .

Lopez , B. L. , Lopez , B. R. J. , Gastillo J. E. and Lopez . B. F. J. 2001 . Effect of Long – trem tillage crop rotation and nitrogen fertilization on bread – making quality of hard red spring wheat . Field – crop – Research 72 : 3 , 197 – 210 .

Lyamaremye , F. and Dick , R. P. 1996 . Organic amendments and phosphorus sorption by soils Advances in Agronomy 56 : 139 – 185 .

Machado , R.M.A. and Oliveria , M. R.G. 2005 . Tomato root distribution , Yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regirnes and depth. Irrigation Science , 24 (1) : 15 – 24 .

Macrae , R.H. , Hill , S.B. Mehuya , G. R. and Henning , J. 1990 . Farm scale agronomic and economic conversion from conventional to sustainable agriculture Adv. Agron. 43 : 155 – 192 .

Mann , ASP. , Munshi , SK. And Gupta , AK. 2001 . Biochemistry environment and Agriculture Kalyani publishers New Delhi India .

Marschner , H. 1995 . Mineral nutrition of higher plants 2nd ed. Academic press , London .

Mattin , J. H. , Leonard , W. H. and Stamp D. L. 1976 . Principles of field crop production . Third Edition . Macmillan Publishing company . New York .

Mauseth , J. D. 1988 . Plant anatomy California : The Benjamin / Cummings Publishing company Inc.

Mayer , A. M. and Poliakoff – Mayber , A. 1975 . The germination of seeds 2nd ed. Oxford : Pergamon Press .

McCalaa , T. M. and Army , T.J. 1961 . Stubble mulch farming . Adv. Agron. 13 : 126 – 196 .

McCarthy , D. F. 1993 . Essentials of soil mechanics and foundation 4th ed Englewood Cliffs , : Prentice Hall , USA .

Mengal , K and Kirby , E. A. 1978 . Principles of plant nutrient . International potash Institute , Worblanfe , Bern Swit zerland .

Metcalfe , D. S. and D. M. Elkins . 1980 . Crop Production principles and practices , 4th ed. New York : Macmillan publishing Co. , Inc. New York .

Michael , A. M. 1978 . Irrigation – Theory and Practrces vikas Publishing House . Pvt. Ltd. New delhi .

Miller , J. H. , Keeley , P. E. Thullen R. J. and Charter , C. H. 1978 . Persistence and movement of ten herbicides in the soil . Weed Sci , 26 (1) : 20 – 27 .

Miller , W. R. and Gardner D. T. 1999 . Soil in pur environment , 9th ed. Upper Saddle River , N. J. Prentice – Hall .

Miller . P. , Lanier W. and Brandt , S. 2001 Using growing degree days to predict plant stages Montana state university . Extension Service MT 200103 AG 7 / 2001 .

Minhas , N. and Chhibba , I.M. 1999 . Zink transformation in arice soil irrigated with sodic water . Indian J. of Agric. Sci. 69 : 4 , 251 – 253 .

Misra , R. D. and Ahmed , M. 1987 . Manual on Irrigation Agronomy . Oxford and I.B.H. Pubilshing Co. , Pvt. Ltd. , New Delhi .

Mitova , I. , Dinevand , N. and Vassileva , V. 2014 . Effect of mineral and organic fertilization on early potato production Buly J. Agric. Sci. , 20 : 1182 – 1187 .

Moore , R. and clark , D. C. 1994 . Botany : form and function Dubuque , Iowa : Wm. C. Brown Publishers .

Moore , R. and Clark , W. D. 1995 . Botany – plant form and function Chicago Wm.C. Brown Publishers .

Moyer , J.R. Dryden , R.D. and chow , P.N.R. 1983 . Fall and Spring application of EPTC and two antidotes for weed control in corn . Canadian J. Plant Sci. 63 (1) : 227 – 234 .

Muneshwar Singh , Barman , K.K. , Kundu , S. , Tripathi , A. K. and Singh , M. 1999 . Transformation of soil organic pools of N as influenced by irrigated use of organic manure and fertilizer nitrogen under soybean wheat system in vertisol , J. Indian Soc. soil Sci. 47 : 3 , 483 – 487 .

Murthy , V. V. N. 1985 . Land and Water Management Engineering . Kalyani Publisher , New Delhi .

Nakra , C. P. 1980 Farm machinery and Equipment . Dhanpat and Sons, Delhi : India .

Narayini , P. and Sankaran S. 1992 . Effect of Pre – irrigation on soil microorganism . Indian Agron . 37 (3) : 625 – 626 .

Oades . J. M. 1984 . Soil organic matter and structural stability . mechanisms and implications for management . Plant and Soil . 60 (1 / 3) 319 – 337 .

Ofori , F. and stern , W. R. 1987 . Cereal – legume intercropping systems . Adv. Agron . 41 : 41 – 90 .

Palanppa , S.P. 1985 . Cropping systems in the tropical – principles and management wiley Estern Ltd , New Delhi and Tamil Nudu Agrcultural University , Coimbatore .

Patil , Y. M. , Talege , P.E. , Zende , G. K. and Sonar , K. R. 1994 . Transformation of applied potassium in soil separated of different soils of Maharashtra , J. of potassium Research 10 : 4 , 360 – 367 .

Pervaiz , M. A. Iqbal M. , Shahzad , K. and VL. Hassan , A. 2009 . Effect mulch on soil physical properties and N,P,K concentration in maize *Zea mays* L. shoot under two tillage systems . Interaction Journal of Agriculture and Biology 11 : 119 – 124 .

Pooj , A. 2010 . Under standing plant ecology . Discovery publishing House Pvt. Ltd. 4831 / 24 , Ansari Road Prahlad stress . New Delhi - 11002 (India) .

Power , E. R. and Mesolery , R. 2000 . Ecological principles of agriculture Albany , N. Y. : Delmer

Prasad , R. 2007 . Crop Nutrition – principles and practies . star offset , New Patel Nagar Delhi India .

Rai , R.N. 1980 . Weed control in rainfed wheat of Doon Vally . Indian , J. Agron 25 (2) : 197 – 200 .

Raj , V.C. and Patel , W. G. 1996 . Influence of different agro techniques on germination , growth and yield of summer ground nut *Arachis hypogaea* L. Gujarat Agriculture University Journal 22 (1) 106 – 108 .

Rajan , M.S.S. , Reddy , K.R. Venkateswarln M.S. and Sanakara Reddi , G.H. 1981 . Effect of Zero tillage on weed control and yield of rainfed groundnut . Pesticides 15 : 17 – 18 .

Ramachandrappa , B. K. Kulkarni , K. R. and Nanjappa , M. V. 1992 . Stress – day index for scheduling irrigation in summer groundnvet (*Archis hypogeaea*) Indian J. Agron. 37 (2) : 276 – 279 .

Ramesh Babu , N. Rami Reddy , S. Sankara Reddi , G. H. and Reddy , P. M. 1984 . Effect of irrigation , plant density , fertilizer on yield and NPK uptake by groundnut plant and soil 81 : 431 – 435 .

Razon , M. K. 2005 . Introduction plant tissue culture . Second edition . Oxford and IBH publishing Co. pvt. New Delhi India .

Reddy , K. C. , Soffes , A.R. , Prine , G. M. and Dune , R.A. 1986 . Tropical legume for green manure . II nematode population and their effect on succeeding crop yield . Agron. J. 78 (1) 5 – 10 .

Reddy , K.S. Rao , A. S. and Takkar , P. N. 1996 . Treatment of fertilizer P in a vertisol amended with farmyard manure Biology – and – Fertility – of – Soils 22 : 3 , 279 – 282 .

Reddy , S. R. 2007 . Irrigation Agronomy Kalyani publishers New Delhi India .

Reddy , SR. 2007 . Principles of Agronomy kalyani publishers , New Delhi – 110002 India .

Reddy , T. Y. Reddy , G.H.S. 2010 . Principles of Agronomy at Kalyani Publishers , New Delhi – 110002 .

Rottmann , G. A. , Tweedy , J. A. and Kapusta , G. 1974 . Effect of simazine and diuron on the nitrogen content and dry weight of weed and sorghum Agron . J. 66 (5) : 701 – 702 .

Runyan , T. J. McNeil , W. K. and Feeler , F. F. 1982 . Defferential tolerance of wheat cultivar to metribuzin . Weed Sci. 30 (1) : 94 – 97 .

Salisbury , F. B. and Ross , C. W. 2010 . Plant physiology cengage learning India private limited . 418 F. I. E. patparganj New Delhi – 110092 .

SanKara , S. and DeDatta , S. K. 1985 . Weeds and weeds management in upland rice . Adv. Agron . 38 : 285 – 333 .

Sankaran , S. and Ali , A. M. 1974 . Varietal tolerance of rice to herbicides . Madras Agric. J. 61 (9) : 712 – 715 .

Sathyaseelam , N. , Biswas , A. , and Rao , A. S. 2013 . Impact of climate factors on crop production . A review . Agri. Reviews 34 (2) : 97 – 106 .

Saxena , N. B. and Saxena , Sh. 2010 . Plant Taxonomy pragat : prakashan , Educational publishers 240 , W.K. Road , Meerut . 250 001 New Delhi India .

Schweizer , F. F. 1979 . Response of sugarbeets and four weed species to dinitramine . Weed Sci. 27 (1) : 28 – 31 .

Scopel , A. L. , Ballave , C. I. and Radoserich , S. R. 1994 . Photosimulation of seed germination during soil tillage New . Phytol. 126 : 145 – 152 .

Sea . D. N. and Ashraf , N. 1980 . Allelopathic influence of *Digeria alterifolia* on cultivated crops in Indian arid zone . Indian Weed Sci. 12 : 69 74 .

Shanmug sundaram , V. S. , Arunachalam ,N. , Ramaswamy , C. , Gopalaswamy , A. , Dorairaj , N. , Muthaiah and Morachan , Y. B. 1975 . The role of crop residues to meet the fertilizer shortage , Madras Agric. J. 62 (6) 357 – 356 .

Sharma , H. C. , singh , H. B. and Friesen , G. H. 1977 . competition and chemical weed control in transplanted rice . Mysore J. Agric. Sci. 17 (1) : 88 – 89 .

Sharma , J. R. 2002 . Principles and Practice of plant Breeding – Tata McGraw – Hill Publishing Company Limited New Delhi India .

Shipes , C. E. , Walked , R. H. White well , T. , Bucheman , G.A. McGuire , J. A. and Martin , R. A. 1984 . Efficacy and economic of weed control methods in cotton *Gossypium hirsutum* Weed Sci. 32 : 95 – 100 .

Shukla , R. S. and Chandel , P.S. 2006 . Atext book of plant ecology S. Chand and Company Ltd Ram Nagar New Delhi 110 055 .

Singh , B. D. 2009 . Plant Breeding : Principles and Methods Kalyani publishers . New Delhi India .

Singh , Ch. , Singh , Pr. , Singh , Ra 2008 . Modern techniques raising field crops . Vijay primlani for oxford and IBH publishing Co. Pvt. Ltd , Enterprises , New Delhi India .

Singh , M. Yadav , D. S. and Kumer , V. 1984 . Leaching and transformation of Urea in dry and wet soil as affected by irrigation water . Plant and soil 81 (3) 411 – 420 .

Singh , S.S. 2010 . Crop Management . Kalyani publishers New Delhi – 110002 , India .

Singhal , N.C. 2003 . Hybrid seed production in field crops (Principles and practices) . Kalyani publishers . New Delhi India .

Soundara Rajan , M. S. Ram Kumar , K. , Venkateswarlu , M. S. and Sankara Reddy , G. H. 1981 . Effect of Zero tillage on weed control and yoeld of rainfed groundnut .Pesticides 15 (3) : 17 – 18 .

Soundara RaJan , M.S. Moorthy , B. T.S. , and Sankara , G.H. 1975. Anate on the effect of tillage and weed control method on pod yield of rainfed groundnut . Indian J. Sci. , 7 (2) : 127 – 128 .

Srivastava , L. M. 2002 . Plant growth and development hormones and environment Elsvier Inc.

Stephens , R. J. 1982 . Theory and Practices of weed control Macmillan London .

Stern , K. R. 1997 . Introductory plant biology , Chicago : Wm. C. Brown publishers .

Stevenson , F. J. 1989 . Cycle of soil carbon , nitrogen phosphours , sulfur and macronutrients New York wiley .

Stewart , B. A. and Nielsen , D. R. 1990 . Irrigation of agricultural crops Publishers , Madison , Wisconsin USA .

Subblan , P. and palaiappan , S. P. 1992 . Effect of integrated nutrient management practices on the yield and economic of crops under high intensity multiple cropping system . Indian J. Agron . 37 (1) : 1 – 5 .

Suresh , R. 2008 . Land and Water management priniciples . Prabhat offset press , Delhi .

Taneja , K. D. , Bishnoi , O. P. and Umamarheswara V. , 1992 . Phenological behaviour and variation in sorghum *sorghum bicolor* yield under different environmental . Indian J. Agron

Theivasigamani , P. , Jeyakumar , P. and velu , G. 2013 . Impact of crop heat units on growth and development physiology of future crop production : A review Research and Review . Crop Science and Technology 2 (1) : 2319 – 3395 .

Thomas , R. F. , Twokoski , T. J. French , R.C. and Leather , G. R. 1995 . Puccinia punthiformis affect growth and reproduction of canada Thistle *Cirrium arvensip* weed Technol 8 : 488 – 493 .

Thomas G. C. 2003 . Forage Crop production in the tropics kalyana publishers , New Delhi I .

Tisale , S. and Nelson , W. 1975 . Soil fertility and fertilizers 3rd edition , macnillan publishing Co. , Inc. New York .

Tun , P. T. , Thobunluepop , P and Sreewongchia , T. 2015 . Effect of cultivation techniques and plot levels on growth , yield and yield components of lowland rice grown on acid sulphate soil for sustainable production . Kasetsart J. (Nat. Sci.) 49 : 687 – 699 .

Tyagi , C.S. 1992 Evaluting viability and vigor in soybean seed with automatic seed analyzer . Seed Science and Technology 20 : 3 , 687 – 694 .

Umrani , N.K. Gailwad , C.B. and Gare , B.N. 1992 . Sustainability of cropping systems under dryland conditions of vertisol . Indian J. Agron. 37 (4) : 645 – 649 .

Unger , P.w. and Kaspar , T.C. 1994 . soil compaction and root growth : A review . Agron J. , 86 : 759 – 766 .

Unger , P. w. and Mculla , T. M. 1980 . Conservation tillage . Adv. Agron. 33 : 2 – 58 .

Unger , P.W. and Kaspar , T.C. 1994 . Soil compaction and root growth Areview . Agron. J. , 86 : 759 – 766 .

Venugopalam , M. V. and Prasad , R. 1992 . Relative efficiency of ammonium polyphosphate for , wheat *Triticum aestivum* L. and wheat – fodder cowpea *Vigna*

unguiculata cropping sequence . Indian J. Agron. 37 (2) : 226 – 230 .

Videnovic , M. Simic , M. and Domanovic , Z. 2011 Long effects of different soil tillage systems on maize *Zea mays* L. yields . Plants soil environment ,57 (4) : 186 – 192 .

Wade , H. F. , 1983 . The Phytotocicity and selectivity of defenopenten . Dissert Abstr. Inter B. , 43 (12) : 3805 – 3817 .

Walia , U. S. 2003 . Weed management . Kalyani publishers Ludhiana . New Delhi , Noida (U. P.) , India .

Walker , W. R. and Shogerboe , G. V. 1987 . Surface irrigation theory and practies 1st edition prentice – Hall New Jersey .

Watson , D. J. 1952 . The physiological basis of variation in yield adv. Agron. , 4 : 101 145 .

Whisler , E. D. , Acock , B. , Baker , D. N. , Fye , R, E, , Hodges , H. F. Lambert , J. R. , Lemmon H. E. , and Reddy , V. R. 1986 . Crop simulation models in agronomic systems Adv. Agron. 40 : 141 – 208 .

Willey , R. W. 1979a . Intercropping – its important and research needs . competition and yield advantage – Field Crop Abstracts , 32 : 1 – 10 .

Willis , G. H. , Smith S. , McDowell , L. L. and Southwick , L. M. 1996 . Carbaryl washoff from soybean plants Archives of Environmental contamination and Toxicology , 31 : 2 , 239 – 243 .

Wimble , R. 1980 . Theoritical basis of fertilizer recommendation chemistry and in dustries 6 (9) : 681 – 683 .

Withelem , W. W. , and Wortmann , C. S. 2004 . Tillage and Rotation interactions for corn and soybean grain yield as affected by precipitation and air temperature Agron. J. 96 : 2 , 425 – 432 .

Wortman , S. 1976 . Food and agriculture . In food and agriculture San Francisco : W. H. Freeman and Company .

Wurtz , t. L. 1995 . Domestic geese : Biological weed control in an agriculture setting : Ecological Application 5 : 570 – 578 .

Yadvinder Singh , khind , C.S. and Bijay Singh . 1991 . Efficiency management of leguminous green manure in wet land rice . Adv. Agron. 45 : 135 – 189 .

Yellamanda Reddy T. , Reddy , B.R. and Reddy , S.C.S. 1990 . Effect of different culture practices on weed control in rainfed pigeopea . Abstract of papers . Biennial Conference of Indian Society of Weed Science held in March 4 – 5 , 1990 at Jabalpur .

Zadoks J. C. , Chang , T. T. and Konzak , C. F. 1974 . Adecimal code for the growth stages of cereals . Weed Res. 14 : 415 – 421 .

Zamir , M.S. Javeed , H.M. , Ahmed , W. , and Iqbal , S. 2013 . Effect of tillage and organic mulches on growth , yield and quality of antumn planted maize *zea mays* L. and soil physical properties . Certcetari Agronomice in Moldova 2 : 17 – 26 .

Zhavg , T. Q. , Mackenzie , A. F. , Liang , B. C. and Drurg , C.F. 2004 . Soil test phosphorous and phosphorous fraction with long – term phosphorus addition and depletion Soil Sci. Soc. of America J. 68 (2) 519 – 528 .

Zimdahi . R.C. 1999 . Fundamental of weed science second edition Academic press . California . USA